



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DISKRIT
PENENTUAN JUMLAH DAN KAPASITAS KAPAL PADA
KASUS MULTI DEPOT - MULTI TUJUAN**

SAKA TRI HATMOJO

NRP 2512 100 135

Dosen Pembimbing

Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**DISCRETE EVENT SIMULATION MODELING : DETERMINING
NUMBER OF VESSEL AND VESSEL CAPACITY IN MULTI DEPOT -
MULTI DESTINATION DISTRIBUTION SYSTEM**

SAKA TRI HATMOJO

NRP 2512 100 135

Supervisor

Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTEMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DISKRIT PENENTUAN JUMLAH DAN KAPASITAS KAPAL PADA KASUS MULTI DEPOT - MULTI TUJUAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

SAKA TRI HATMOJO
NRP 2512 100 135

Dosen Pembimbing



STEFANUS EKO WIRATNO, S.T., M.T.

NIP. 197103171998021001



**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DISKRIT PENENTUAN
JUMLAH DAN KAPASITAS KAPAL PADA KASUS
MULTI DEPOT – MULTI TUJUAN**

Nama : Saka Tri Hatmojo
NRP : 2512100135
Pembimbing : Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.

ABSTRAK

Distribusi semen curah menggunakan transportasi laut sangat tergantung pada keputusan penentuan jumlah dan kapasitas kapal. Penentuan jumlah dan kapasitas kapal yang tepat cukup sulit dilakukan karena banyak variabel dan keterkaitan yang membuat sistem menjadi cukup kompleks, yaitu *intercompany-sales*, kapasitas silo dan ketidakpastian dari demand. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model yang mampu menentukan jumlah dan kapasitas kapal yang mampu memberikan biaya paling minimum serta mencapai *service level* yang diinginkan. Penelitian ini mengembangkan model simulasi diskrit yang dapat menggambarkan sistem distribusi semen curah. Sistem terdiri dari dua depot dan enam lokasi *packing plant* yang dapat dikategorikan sebagai sistem *multi-plant* *multi-packing plant*. Skenario dikembangkan terkait dengan jumlah kapal, kapasitas kapal dan aturan dalam sistem mengenai kembalinya kapal ke depot. Setiap skenario akan dievaluasi terkait dengan biaya serta *service level*. Selain mencari skenario terbaik akan dilakukan pula analisa terhadap konfigurasi lain pada sistem yaitu distribusi kapasitas silo, *daily of take*, jam kerja dan penggunaan kapal dengan kapasitas lebih besar. Analisa tersebut bertujuan untuk melihat bagaimana keputusan akan berubah dengan adanya kondisi yang berbeda.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa model simulasi yang dibuat mampu menggambarkan sistem distribusi yang akan dirancang. Model mampu menentukan jumlah dan kapasitas kapal serta aturan pemilihan depot yang tepat untuk menghasilkan biaya yang rendah dan *service level* yang baik. Model juga mampu untuk melakukan analisa terhadap perubahan kapasitas silo, *daily of take*, dan jam operasional yang optimal bagi perusahaan dalam beberapa kondisi. Hasil analisa yang dilakukan mampu memberikan bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk merancang sistem distribusi yang efisien.

Keywords: Semen Curah, *Intercompany-sales*, Distribusi, Transportasi Laut, Simulasi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DISCRETE EVENT SIMULATION MODELING : DETERMINING NUMBER OF VESSEL AND VESSEL CAPACITY IN MULTI DEPOT - MULTI DESTINATION DISTRIBUTION SYSTEM

Name : Saka Tri Hatmojo
Student ID : 2512100135
Supervisor : Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T.

ABSTRACT

Distribution of bulk cement using sea transport is highly dependent on the decisions about number and capacity of the vessels. Determine the right number and capacity of the vessels is difficult because variability and interdependency that makes the system quite complex, i.e. intercompany-sales, silo capacity and the uncertainty of demand. The purpose of this research is to create a model that is able to determine the number and capacity of vessels, which is able to provide minimum cost and achieve desired service level. This research using discrete event simulation to describe the distribution system of bulk cement. The system consists of two depot and six packing plant, which can be categorized as multi depot – multi destination distribution system. Scenarios are developed related to the number of vessels, vessel capacity and system rules in the return of the ship to depot. Each scenario will be evaluated regarding cost and service level. In addition to seeking the best scenario would be done further analysis of the other configurations on the distribution system, i.e. silo capacity, daily of the take, working hours and usage of vessel with greater capacity. The analysis aims to see how the decision will change with different conditions.

Results from the study showed that the simulation model can describe the distribution system. The model is able to determine the number and capacity of vessels as well as electoral rules depot right to produce low cost and good service level. The model is also able to analyze the change of silo capacity, daily of the take, and operating hours are optimized for companies in some conditions. The results of the analysis carried out is able to provide consideration for the company to design an efficient distribution system.

Keywords: *Cement Bulk, Intercompany-sales, Distribution, Marine Transportation, Simulation.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sekilas Mengenai PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.....	7
2.2 <i>Intercompany Sales</i>	8
2.3 Distribusi Dengan Transportasi Laut	9
2.4 Skema Sewa Kapal	10
2.5 Simulasi.....	11
2.6 Uji Hipotesa dan Analysis of Variance (Anova)	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Ringkasan Situasi Permasalahan.....	16
3.2 Studi Sistem Permasalahan	17
3.2.1 Elemen sistem	18
3.2.2 Variabel Sistem.....	18
3.2.3 Kriteria Keputusan	19
3.2.4 Ukuran Performansi	19
3.3 Pengumpulan Data	22

3.4	Pembuatan Model Konseptual	22
3.5	Validasi dan Verifikasi.....	23
3.6	Eksperimen.....	23
3.7	Analisa Komparasi Skenario	23
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	24
BAB 4	PERANCANGAN MODEL	25
4.1	Pengumpulan Data	25
4.1.1	Aktifitas Kapal	25
4.1.2	Elemen Biaya Distribusi	25
4.2	Model Konseptual	26
4.2.1	Penjelasan Model Konseptual	26
4.2.2	Penjelasan Logika Pemilihan Depot	30
4.3	Perancangan Model Simulasi	32
4.3.1	Submodel 1: Jam Operasional.....	32
4.3.2	Submodel 2: Production Rate Depot.....	33
4.3.3	Submodel 3: Daily of Take serta Stock Out Days	34
4.3.4	Submodel 4: Reorder Point	35
4.3.5	Submodel 5: Avaibility Depot dan Kebutuhan Intercompany Sales	36
4.3.6	Submodel 6: Depot dan Pengaturan Jumlah Kapal.....	36
4.3.7	Submodel 7: Packing Plant	38
4.4	Perhitungan Warm Up Period dan Jumlah Replikasi.....	40
4.4.1	Perhitungan Warm Up Period	40
4.4.2	Perhitungan Jumlah Replikasi.....	41
4.5	Verifikasi dan Validasi Model	42
4.5.1	Validasi Model	42
4.5.2	Verifikasi Model	44
4.6	Eksperimen.....	47
4.6.1	Output Simulasi.....	48
4.6.2	Uji Signifikansi	50
BAB 5	ANALISIS MODEL SIMULASI.....	51
5.1	Analisis Skenario Kapal Terbaik.....	51

5.2	Pengaruh Peningkatan Daily of Take Pada Sistem.....	53
5.3	Analisis Perbandingan Aturan Penugasan Kapal.....	55
5.4	Pengaruh <i>Clustering Packing Plant</i> Terhadap Biaya Pengiriman.....	56
5.4.1	Clustering Berdasarkan Jarak	56
5.4.2	Clustering Berdasarkan Rencana Strategi Distribusi.....	59
5.5	Pengaruh Jam Operasional Terhadap Biaya Pengiriman.....	60
5.6	Pengaruh Kapasitas Silo Terhadap Pemilihan Kapal.....	61
5.7	Pemakaian Kapal 20000 DWT	62
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1	Kesimpulan	67
6.2	Saran.....	68
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Beban Pokok Pendapatan SMI (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, 2014)	2
Tabel 3.1 Variabel Sistem	19
Tabel 3.2 Perhitungan Jumlah Kapal Skenario Dasar.....	20
Tabel 3.3 Alternatif Skenario Dasar.....	21
Tabel 3.4 Skenario Kapal	21
Tabel 3.5 List Data yang Dibutuhkan	22
Tabel 3.6 Perbedaan Aproksimasi dengan Penelitian Sebelumnya	22
Tabel 4.1 Biaya Sewa dan Operasional Kapal	25
Tabel 4.2 Perhitungan ROP	36
Tabel 4.3 Perbandingan pemakaian kapal sebagai entitas atau resource	37
Tabel 4.4 <i>Running</i> Awal Simulasi	41
Tabel 4.5 Uji Coba Variabel Ekstrim Terhadap Service Level	43
Tabel 4.6 Output Simulasi	49
Tabel 4.7 Tabel ANOVA Untuk Biaya Per Ton	50
Tabel 4.8 Tabel ANOVA Untuk <i>Service Level</i>	50
Tabel 5.1 Skenario Kapal yang memenuhi <i>Service Level</i> Pada Aturan Penugasan 1	51
Tabel 5.2 Skenario Kapal yang memenuhi <i>Service Level</i> Pada Aturan Penugasan 2.....	52
Tabel 5.3 Skenario Kapal Terbaik Aturan Penugasan 1	52
Tabel 5.4 Skenario Kapal Terbaik Aturan Penugasan 2	53
Tabel 5.5 Perubahan DOT dan ROP	53
Tabel 5.6 Perubahan Skenario Dasar Kapal.....	54
Tabel 5.7 Skenario Kapal Terbaik Setelah Perubahan DOT Aturan Penugasan 1	54
Tabel 5.8 Skenario Kapal Terbaik Setelah Perubahan DOT Aturan Penugasan 2	54
Tabel 5.9 Perbandingan aturan penugasan.....	56

Tabel 5.10 Kedekatan <i>Packing Plant</i> dengan Depot.....	57
Tabel 5.11 <i>Clustering Packing Plant</i>	57
Tabel 5.12 Skenario Kapal Terbaik <i>Clustering Packing Plant</i>	58
Tabel 5.13 Perbandingan Biaya Per Ton	58
Tabel 5.14 <i>Clustering Packing Plant</i> Berdasarkan Rencana Distribusi SMI.....	59
Tabel 5.15 Skenario Kapal Terbaik Tiap Kapasitas <i>Cluster</i> Baru	59
Tabel 5.16 Perbandingan Jam Operasional	60
Tabel 5.17 Waktu Tunggu Kapal	61
Tabel 5.18 Perubahan Skenario Terbaik Tiap Kapasitas.....	62
Tabel 5.19 Skenario Jumlah Kapal 20000 DWT.....	63
Tabel 5.20 Waktu tunggu kapal.....	64
Tabel 5.21 Perubahan Kapasitas Silo Terhadap Service Level	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Distribusi SMI	1
Gambar 1.2 Model Distribusi SMI (Pujawan, et al., 2015)	3
Gambar 2.1 Tahapan Perubahan SMI Menjadi <i>Holding Company</i> (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2013).....	7
Gambar 2.2 Arah Transaksi Dalam <i>Intercompany Sales</i> (John Wiley & Sons, Inc, 2000)	8
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	15
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Penelitian (Lanjutan)	16
Gambar 3.3 Ringkasan Permasalahan.....	17
Gambar 3.4 Event Dalam Sistem Distribusi SMI	18
Gambar 4.1 <i>Logic Flow Diagram</i> Model Distribusi Semen	27
Gambar 4.2 Logika Pemilihan Depot.....	31
Gambar 4.3 Model Simulasi	32
Gambar 4.4 Submodel 1	32
Gambar 4.5 Submodel 2.....	33
Gambar 4.6 Submodel 3.....	34
Gambar 4.7 Logika DOT dan Stock Out Days	35
Gambar 4.8 Submodel 4.....	35
Gambar 4.9 Submodel 5.....	36
Gambar 4.10 Utilitas dermaga depot	40
Gambar 4.11 Pengecekan Error Pada Arena.....	44
Gambar 4.12 Verifikasi ROP	45
Gambar 4.13 Verifikasi Keberangkatan Kapal	46
Gambar 4.14 Verifikasi Jam Operasional	47
Gambar 4.15 <i>Process Analyzer</i>	48

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini akan memaparkan mengenai hal yang mendasari dilakukan penelitian serta identifikasi rumusan permasalahan dalam penelitian. Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. (selanjutnya disebut SMI) merupakan salah satu perusahaan semen di Indonesia. SMI memiliki jaringan distribusi yang besar di Indonesia bahkan menjangkau Asia Tenggara seperti yang disajikan pada Gambar 1.1. SMI memiliki beberapa *integrated cement plant* yang terletak di Indonesia dan Vietnam. *Integrated cement plant* yang ada di dalam negeri terletak di Indarung (memproduksi merk Semen Padang), Pangkep (memproduksi merk Semen Tonasa), Tuban dan Rembang (memproduksi merk Semen Gresik). *Integrated cement plant* di dalam negeri ditunjang oleh gudang penyangga dan pengoperasian packing plant di lokasi yang strategis di seluruh Indonesia serta didukung oleh 361 distributor nasional (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, 2014).



Gambar 1.1 Peta Distribusi SMI

Luas area distribusi yang sangat besar membuat beban biaya distribusi yang ditanggung SMI cukup besar. Pada Tabel 1.1 terlihat bahwa beban untuk biaya distribusi cukup besar yaitu 15% dari total beban pokok pendapatan. Besarnya biaya distribusi membuat sektor distribusi harus dikelola dengan baik. Pengelolaan yang baik sangat dibutuhkan karena semen merupakan komoditi yang mempunyai margin kecil namun dengan volume yang besar, inefisiensi pada distribusi akan membuat profit menjadi tidak optimal (Pujawan, et al., 2015).

Tabel 1.1 Beban Pokok Pendapatan SMI (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, 2014)

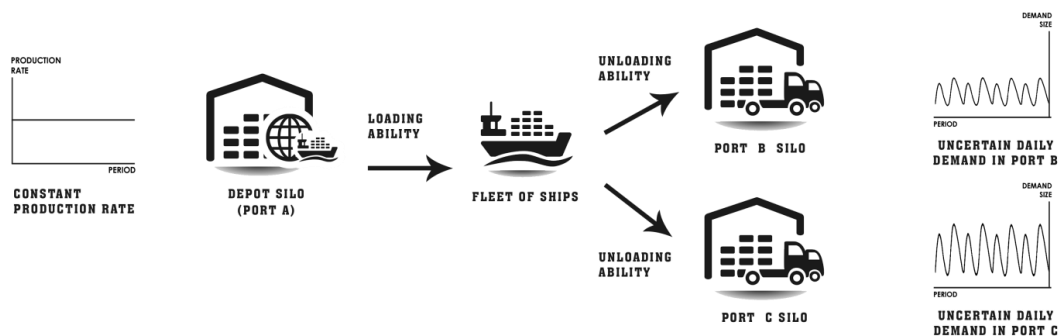
Beban Pokok Pendapatan	2014 (Juta Rupiah)	%	2013 (Juta Rupiah)	%
Bahan Bakar	3,335,417	21.7	3,401,501	25.1
Listrik	2,530,080	16.4	1,876,500	13.8
Distribusi	2,422,649	15.7	2,120,327	15.6
Kemasan	867,790	5.6	818,338	6.0
Tenaga Kerja	1,372,373	8.9	1,398,625	10.3
Pemeliharaan	1,365,447	8.9	1,285,212	9.5
Fabrikasi Lainnya	3,494,675	22.7	2,656,644	19.6
Total	15,388,431	100	13,557,147	100

SMI mendistribusikan semen dari *integrated plant* dengan beberapa cara. Distribusi semen langsung ke pasar dalam bentuk curah maupun *cement bag*, distribusi dengan memanfaatkan *grinding plant* yang ada di luar *integrated plant*, dan distribusi dengan memanfaatkan *packing plant* yang tersebar di seluruh Indonesia (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, 2014). Strategi dengan memanfaatkan *packing plant* merupakan strategi paling utama karena dapat menekan biaya transportasi secara signifikan. Penerapan strategi ini dilakukan dengan mengirimkan semen dalam bentuk curah ke *packing plant* untuk selanjutnya dikemas.

Strategi pengoptimalan *packing plant* dilakukan dengan menerapkan *intercompany-sales* (ICS) dengan tujuan SMI sebagai holding dapat memperoleh profit yang optimal. Strategi ini memungkinkan antar anak perusahaan dapat melakukan transaksi semen curah sehingga *packing plant* Semen Gresik dapat disuplai oleh Semen Tonasa atau sebaliknya. Implementasi strategi ICS memerlukan sinergi antar anak perusahaan dalam SMI. Salah satu alternatif dari

sinergi ini dengan menjadikan SMI sebagai perusahaan yang melakukan aktivitas penjualan dan distribusi semen dan anak perusahaan sebagai produsen semen.

Penentuan jumlah armada kapal yang tepat dalam strategi pengoptimalan *packing plant* sangat dibutuhkan agar biaya pengiriman menjadi optimal. Penentuan armada kapal yang tepat tidak mudah dilakukan karena distribusi semen melalui jalur laut ini merupakan sistem yang kompleks. Sistem dapat dikatakan kompleks karena terdapat ketidakpastian serta variabilitas yang ada dalam sistem. Ketidakpastian yang ada dalam sistem distribusi ini antara lain: lama perjalanan kapal, *port time*, *demand rate* di masing-masing *packing plant*. Melihat kondisi sistem, metode yang cocok untuk menyelesaikan masalah ini adalah simulasi diskrit yang dapat mengakomodasi kompleksitas dan juga ketidakpastian yang ada pada sistem distribusi SMI ini.



Gambar 1.2 Model Distribusi SMI (Pujawan, et al., 2015)

Pujawan et. all (2015) melakukan penelitian mengenai model simulasi dengan satu silo depot dan dua silo *packing plant*. Model yang dibuat mempunyai variabel keputusan berupa penentuan jumlah kapal, kapasitas silo, jam kerja serta aturan pengiriman. Skema model yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.2. Skema model terdiri dari satu *plant* dan dua *packing plant*. ICS yang terjadi pada SMI tidak dapat ditangkap oleh model karena hanya satu depot yang dipertimbangkan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah mengembangkan model simulasi rancangan sistem distribusi *multi plant multi packing plant* sesuai dengan kondisi *inter-company sales* yang terjadi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengembangkan model konseptual dan simulasi sistem distribusi SMI melalui jalur laut.
2. Mencari skenario terbaik dalam model distribusi semen curah SMI.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Menjadi rujukan dalam penelitian yang terkait distribusi semen curah.
2. Memberikan rekoendasi bagi PT Semen Indonesia terkait penentuan jumlah dan kapasitas kapal.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Sistem amatan dimulai dari semen berada di silo penampungan di pelabuhan hingga sampai ke masing-masing *packing plant*.
2. Aproksimasi model yang dibuat hanya mempertimbangkan 2 pabrik yaitu pabrik tuban dan pabrik tonasa serta 6 lokasi *packing plant* yaitu Banyuwangi, Celukan Bawang, Balikpapan, Banjarmasin, Pontianak dan Samarinda.

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Docking* kapal tidak diperhatikan, dengan kata lain jika ada kapal yang perlu perbaikan maka akan langsung diganti dengan kapal lain oleh penyedia kapal.
2. Tidak terdapat kerusakan kapal selama perjalanan maupun loading/unloading.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjelaskan mengenai dasar-dasar dilakukannya penelitian yang dijelaskan di latar belakang. Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi tentang teori, informasi, dan penelitian sebelumnya yang dapat digunakan sebagai dasar atau referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini menguraikan metodologi atau tahapan yang dilakukan untuk melaksanakan penelitian. Secara umum metodologi pada penelitian ini adalah pengumpulan data, pembuatan model, pembuatan skenario dan eksperimen, analisis serta terakhir kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN MODEL

Bab pengembangan model ini berisi tentang pembuatan model mulai dari pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi, verifikasi dan validasi model, pembuatan skenario dan *running skenario*.

BAB 5 ANALISIS MODEL SIMULASI

Pada bab analisis dan interpretasi akan dilakukan analisa mengenai skenario terbaik yang harus dipilih dengan beberapa kondisi yang berbeda.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran ini berisi tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang bisa diberikan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

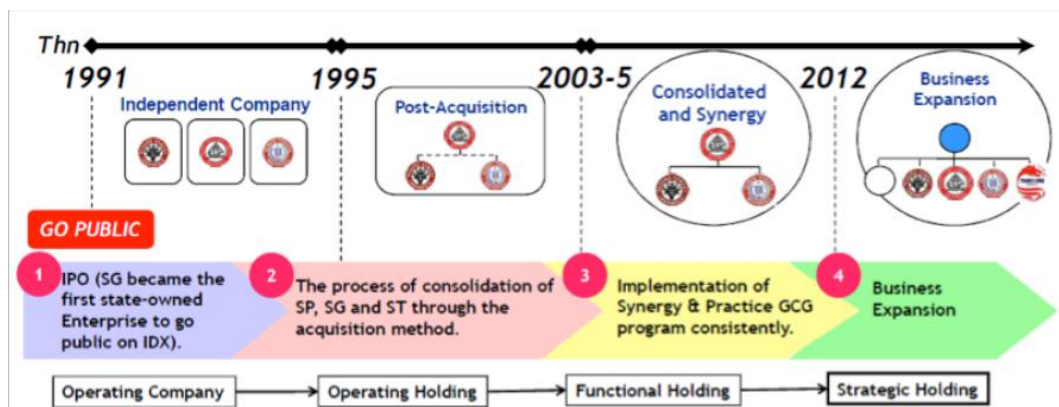
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka untuk penelitian yang dilakukan. Penjelasan tersebut meliputi teori, jurnal, ataupun literatur lain yang digunakan dalam penelitian ini

2.1 Sekilas Mengenai PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.(SMI) merupakan sebuah *holding company*. Fuady (1999) mengartikan holding company adalah suatu perusahaan yang bertujuan untuk memiliki saham dalam satu atau lebih perusahaan lain dan/atau mengatur satu atau lebih perusahaan lain tersebut.

Dalam dunia bisnis, kehadiran holding company merupakan sesuatu yang lumrah, mengingat banyak perusahaan yang telah melakukan kegiatan bisnis yang sudah sedemikian besar dengan berbagai garapan kegiatan, sehingga perusahaan itu perlu dipecah-pecah menurut penggolongan bisnisnya. Namun dalam pelaksanaan kegiatan bisnis yang dipecah-pecah tersebut, yang masing-masing akan menjadi perseroan terbatas yang mandiri masih dalam kepemilikan yang sama dengan pengontrolan yang masih tersentralisasi dalam batas-batas tertentu (Purba, 2003).



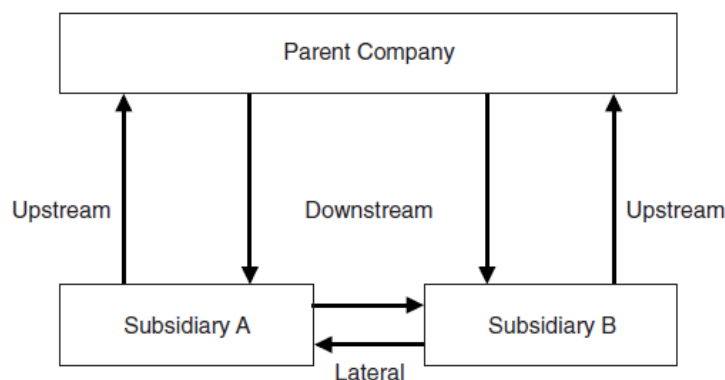
Gambar 2.1 Tahapan Perubahan SMI Menjadi *Holding Company* (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2013)

Seperti yang disajikan pada Gambar 2.1 SMI telah melalui beberapa tahap dan akhirnya menjadi *holding company*. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk merupakan perusahaan yang

bergerak di bidang industri semen. Diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957. Pada tanggal 15 September 1995 PT Semen Gresik berkonsolidasi dengan PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa. Total kapasitas terpasang Perseroan saat itu sebesar 8,5 juta ton semen per tahun. Pada tanggal 20 Desember 2012 Perseroan resmi berperan sebagai *Strategic Holding Company* sekaligus merubah nama, dari PT Semen Gresik (Persero) Tbk menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. dengan membawahi 3 perusahaan yaitu Semen Gresik, Semen Padang dan Semen Tonasa.

2.2 *Intercompany Sales*

Intercompany Sales terjadi ketika suatu unit terlibat transaksi dengan unit lain di entitas yang sama. Transaksi ini dapat terjadi selayaknya hubungan bisnis yang normal antar unit di entitas tersebut.



Gambar 2.2 Arah Transaksi Dalam *Intercompany Sales* (John Wiley & Sons, Inc, 2000)

Seperti terlihat pada Gambar 2.2 *intercompany sales* bisa terjadi di unit manapun. Transaksi bisa terjadi antar anak perusahaan, anak perusahaan dengan perusahaan induk, antar departemen atau antar divisi. Sudah menjadi hal yang umum untuk perusahaan yang terintegrasi secara vertikal untuk mengirim persediaan antar unit yang terkonsolidasi. Transaksi antar unit diakui dalam catatan keuangan kedua unit entitas seolah-olah transaksi yang wajar dengan pihak yang tidak terkait.

2.3 Distribusi Dengan Transportasi Laut

Logistik merupakan kegiatan perencanaan, melakukan, dan mengendalikan aliran dan penyimpanan bahan secara efektif dan efisien dari pemasok ke konsumen akhir sesuai dengan permintaan pelanggan (Gudehus & Kotzab, 2009). Kegiatan logistik memegang peranan yang sangat penting dalam sebuah perusahaan untuk memastikan produk mencapai pasar pada waktu, pada kuantitas yang tepat, dan pada kualitas yang tepat. Manajemen logistik harus menjadi fokus karena dapat mendukung meningkatkan daya saing perusahaan. Cara untuk mengelola kegiatan logistik di perusahaan tertentu berbeda dan tergantung pada produk, daerah pasar, dan tingkat integrasi rantai pasok (Cooper, et al., 1997). Untuk perusahaan yang beroperasi di pulau-pulau dan meliputi daerah yang cukup besar seperti Indonesia, manajemen logistik perusahaan adalah dalam bentuk maritim logistik.

Maritim logistik adalah cabang dari manajemen logistik yang bertujuan untuk mengelola semua pengiriman yang dikirim melalui sungai besar, laut, atau laut yang melibatkan beberapa pulau dengan menggunakan kapal. Tujuan utama dalam logistik maritim adalah untuk meminimalkan biaya, konsumsi bahan bakar, dan emisi (Gudehus & Kotzab, 2009). Keputusan yang dibuat umumnya terkait dengan desain jaringan dan perencanaan armada. Kegiatan yang masuk ke dalam desain jaringan adalah pemilihan port, lokasi titik transshipment, dan rute untuk kapal-kapal besar serta tambahan rute untuk kapal kecil. Kegiatan yang berkaitan dengan perencanaan armada yaitu penentuan kriteria kapal, seleksi kapal, dan jumlah armada dan penjadwalan, penentuan kapasitas, kecepatan, dan teknologi bongkar muat.

Dalam menangani operasi maritim, perusahaan bisa membeli kapal sendiri atau charter dari penyedia yang ada. Stopford, (1997) menjelaskan ketika kapal disewa, biaya sewa (rate) akan berdasarkan waktu atau pelayaran. Dalam skema charter waktu, rate akan dikalikan dengan berapa lama kapal disewa untuk menghitung biaya penyewaan keseluruhan. Di sisi lain, dalam piagam perjalanan, biaya penyewaan ditentukan baik oleh biaya tetap atau dengan kapasitas pengiriman. Skema penyewaan akan membedakan parameter apa yang perlu diperhatikan dalam menentukan bagaimana kapal harus dikelola. Dalam skema charter waktu, beberapa keputusan penting untuk membuat mengenai di mana kapal

harus pergi, kapan harus mulai, dan berapa banyak kapal harus digunakan. Tujuan dari ini adalah untuk meminimalkan biaya sekaligus memaksimalkan efisiensi. Di bawah skema waktu-charter angka ini masih dikeluarkan untuk perusahaan dan oleh karena itu optimasi harus bertujuan untuk meminimalkan biaya dengan meminimalkan jumlah armada dan untuk memaksimalkan efisiensi dengan menerapkan penjadwalan yang baik sehingga kegiatan menunggu dapat dihindari.

2.4 Skema Sewa Kapal

Di dalam usaha pelayaran, terdapat empat macam jenis kontrak yang biasa digunakan. Masing-masing jenis kontrak tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Untuk itu perlu dilakukan analisa yang disertai dengan praktik langsung agar diperoleh keuntungan maksimal. Jenis kontrak yang dipilih harus disesuaikan dengan kebutuhan dan pemilihan yang paling menguntungkan bagi kedua belah pihak baik itu penyewa ataupun pemilik. Secara umum ada 4 jenis sistem persewaan (Cooke, et al., 2014)

- **Voyage Charter**

Sewa kapal berdasarkan perjalanan (voyage charterparty) adalah suatu kontrak untuk mengangkut barang-barang tertentu dalam suatu perjalanan (voyage) yang sudah ditentukan atau dalam serangkaian perjalanan. Seperti halnya sewa kapal berdasarkan waktu, pemilik kapal tetap mempertahankan hak kepemilikan atas kapal dan mempekerjakan nahkoda dan awak kapal.

- **Time Charter**

Sewa kapal berdasarkan jangka waktu (time charterparty) adalah suatu kontrak berdasarkan mana nahkoda dan awak kapal menjalankan pekerjaannya untuk suatu jangka waktu tertentu sebagai imbal balik dari pembayaran sewa. Berdasarkan suatu time charterparty, pemilik kapal tetap mempertahankan hak kepemilikan atas kapal dan nahkoda serta awak kapal dipekerjakan oleh pemilik kapal tersebut. Akan tetapi, pihak yang menyewa berhak untuk menentukan bagaimana kapal akan digunakan asalkan penggunaan itu masih dalam batas-batas yang telah disetujui di dalam perjanjian. Dalam time charterparty, risiko keterlambatan ada pada pihak yang menyewa. Sewa kapal biasanya mengatur kejadian-kejadian tertentu yang terjadinya salah satu kejadian itu akan

menyebabkan sewa kapal berakhir, yaitu pihak yang menyewa tidak lagi bertanggung jawab atas sewa kapal selama jangka waktu itu. Kejadian-kejadian tersebut termasuk kerusakan mesin kapal, tidak cukupnya awak kapal, mogok, dan lain-lain.

- Bareboat Charter

Sewa kapal berdasarkan demise (Bareboat charterparty) adalah kontrak untuk menyewa kapal sebagai chattel. Pihak yang menyewa menjadi pemilik kapal untuk sementara waktu dalam segala hal (kecuali terhadap pemilik kapalnya). Nahkoda dan awak kapal adalah karyawannya. Untuk menentukan apakah suatu sewa kapal adalah suatu demise charterparty, hal ini merupakan masalah penafsiran yang ditentukan dengan merujuk pada ketentuan-ketentuan sewa kapal. Indikasi penting lainnya adalah apakah nahkoda (master) adalah karyawan pemilik kapal atau pihak yang menyewa. Pihak yang menyewa mempunyai hak penguasaan atas kapal.

- Liner Charter

Merupakan system pencharteran berdasarkan rute, tujuan dan arah angin. Liner charter berpengaruh pada komoditas atau barang apa yang akan diangkut. Dalam system charter ini dihitung per container. Semua biaya mulai dari capital cost, operational cost dan voyage cost ditanggung oleh pemilik kapal. Contohnya pada transportasi laut untuk penumpang dari Pelni.

2.5 Simulasi

Simulasi adalah imitasi dari proses operasi yang ada di dunia nyata atau system pada suatu waktu. Simulasi juga metode digunakan untuk meniru perilaku suatu system, kadang dilakukan menggunakan komputer dengan software yang sesuai (Law & Kelton, 2000). Hal tersebut membuat metode simulasi dapat digunakan dalam penyelesaian permasalahan sistem dimana terdapat suatu kompleksitas di dalamnya. Kompleksitas ini ditandai dengan adanya variabilitas dan interdependensi. Variabilitas yaitu terdapatnya variable-variabel keputusan yang banyak dan beragam. Interdependensi yaitu adanya keterkaitan antara variable keputusan maupun komponen penyusun sistem.

Terdapat beberapa jenis simulasi yang masing-masing digunakan pada jenis sistem yang sesuai, antara lain yaitu (Law & Kelton, 2000)

1. Simulasi statis dan dinamis

Simulasi yang dibedakan berdasarkan pengaruh terhadap waktu. Simulasi statis merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak mempunyai pengaruh besar terhadap waktu. Salah satu penggunaan umum dari simulasi statis adalah menggunakan bilangan random untuk menyelesaikan permasalahan, biasanya stokastik dan bergulirnya waktu tidak mempunyai peran. Sedangkan simulasi dinamis adalah simulasi suatu sistem yang memiliki pengaruh besar terhadap waktu, contohnya simulasi dari mesin yang bekerja 40 jam per minggu.

2. Simulasi kontinu dan diskrit

Simulasi yang dibedakan berdasarkan perubahan tiap satuan waktu. Simulasi diskrit adalah simulasi dimana variable dari sistem dapat berubah-ubah pada titik-titik waktu tertentu. Kebanyakan dari sistem manufaktur dimodelkan sebagai simulasi kejadian dinamis, diskrit stokastik dan menggunakan variabel random untuk memodelkan rentang kedatangan, antrian, proses, dan sebagainya. Sedangkan simulasi kontinu adalah simulasi dimana variabel berubah secara terus-menerus dalam skala waktu tertentu, sebagai contoh aliran fluida dalam pipa atau terbangnya pesawat udara.

3. Simulasi stokastik dan deterministic

Simulasi yang dibedakan berdasarkan sifat probabilistic. Simulasi deterministik merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak mengandung variabel yang bersifat probabilistic. Model simulasi stokastik adalah simulasi yang memiliki variabel yang bersifat probabilistic. Keluaran dari model simulasi stokastik adalah random dan oleh karenanya hanya merupakan perkiraan dari karakteristik sesungguhnya dari sistem. Maka diperlukan beberapa kali menjalankan model, dan hasilnya hanya merupakan perkiraan dari performansi yang diharapkan dari sistem yang diamati

2.6 Uji Hipotesa dan Analysis of Variance (Anova)

Bagian penting lainnya dari simulasi adalah interpretasi hasil. Saat menjalankan model simulasi, beberapa skenario sering dikembangkan, maka

diperlukan *tools* untuk menentukan apakah faktor apa yang berpengaruh secara signifikan pada output. Jika hanya ada dua skenario, pengujian hipotesis dapat dilakukan untuk menentukan apakah hasilnya berbeda secara signifikan.

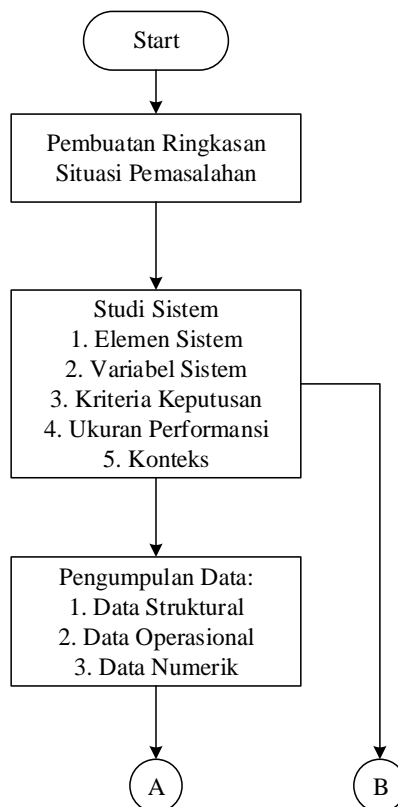
Dalam analisis lebih lanjut, skenario berkembang sesuai rancangan faktorial lengkap dari semua faktor. Skenario yang dikembangkan akan menjadi lebih dari satu. Untuk menganalisis beberapa skenario Analisis Variance (ANOVA) harus dilakukan (Montgomery, et al., 2011). ANOVA digunakan untuk menguji apakah dua atau tiga populasi telah ditentukan memiliki perbedaan signifikan. Hipotesis nol uji statistik ini adalah bahwa semua populasi adalah sama. Ketika hipotesis diterima, ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari variabel yang diuji tidak berbeda secara signifikan. Metode ini akan digunakan dalam analisis faktor, yang ANOVA akan memeriksa apakah ada faktor atau kombinasi beberapa hasil faktor output yang berbeda secara signifikan. Perbedaan signifikan ini dapat disimpulkan dari *p-value* atau nilai F. Semakin besar F atau semakin kecil nilai p, semakin signifikan perbedaan dari skenario yang ada.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

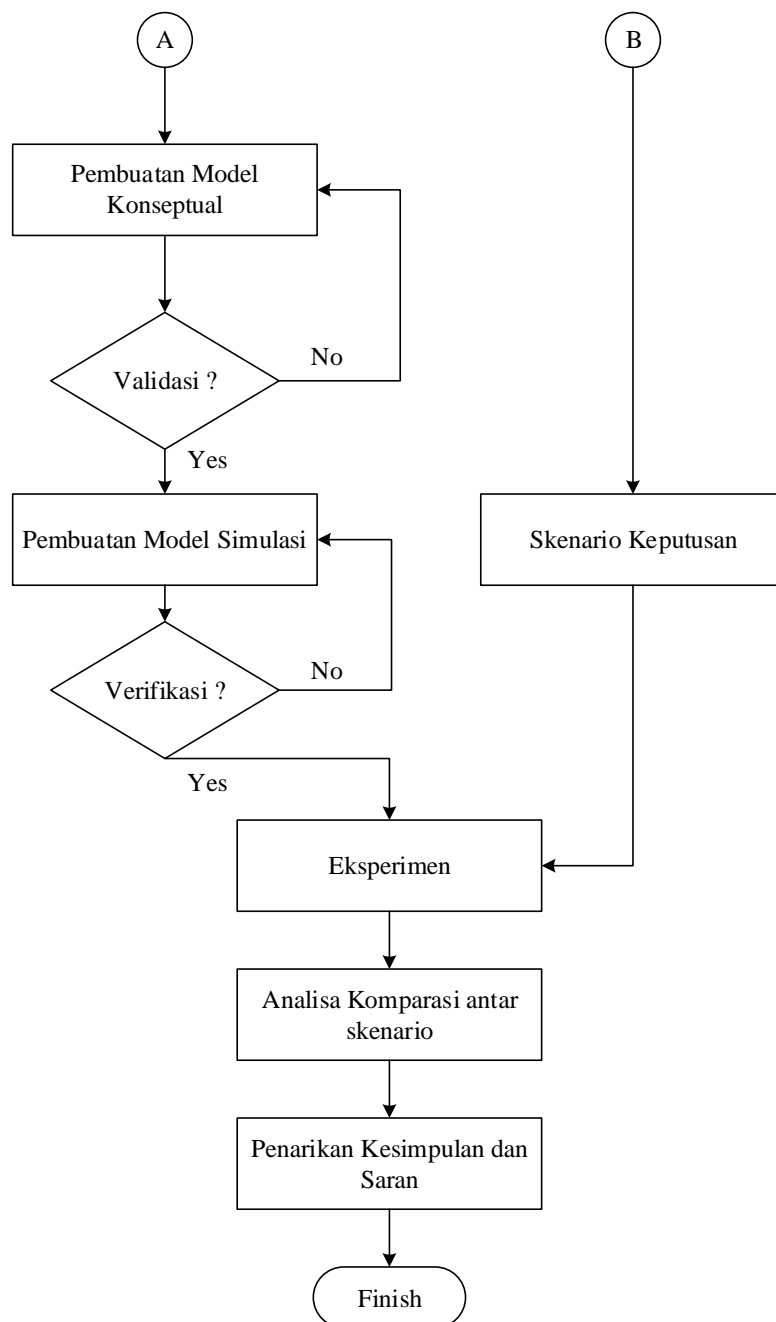
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahap metodologi ini akan diuraikan langkah-langkah sistematis dan terarah yang akan dijadikan acuan sebagai kerangka penelitian. Secara umum, flowchart metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut



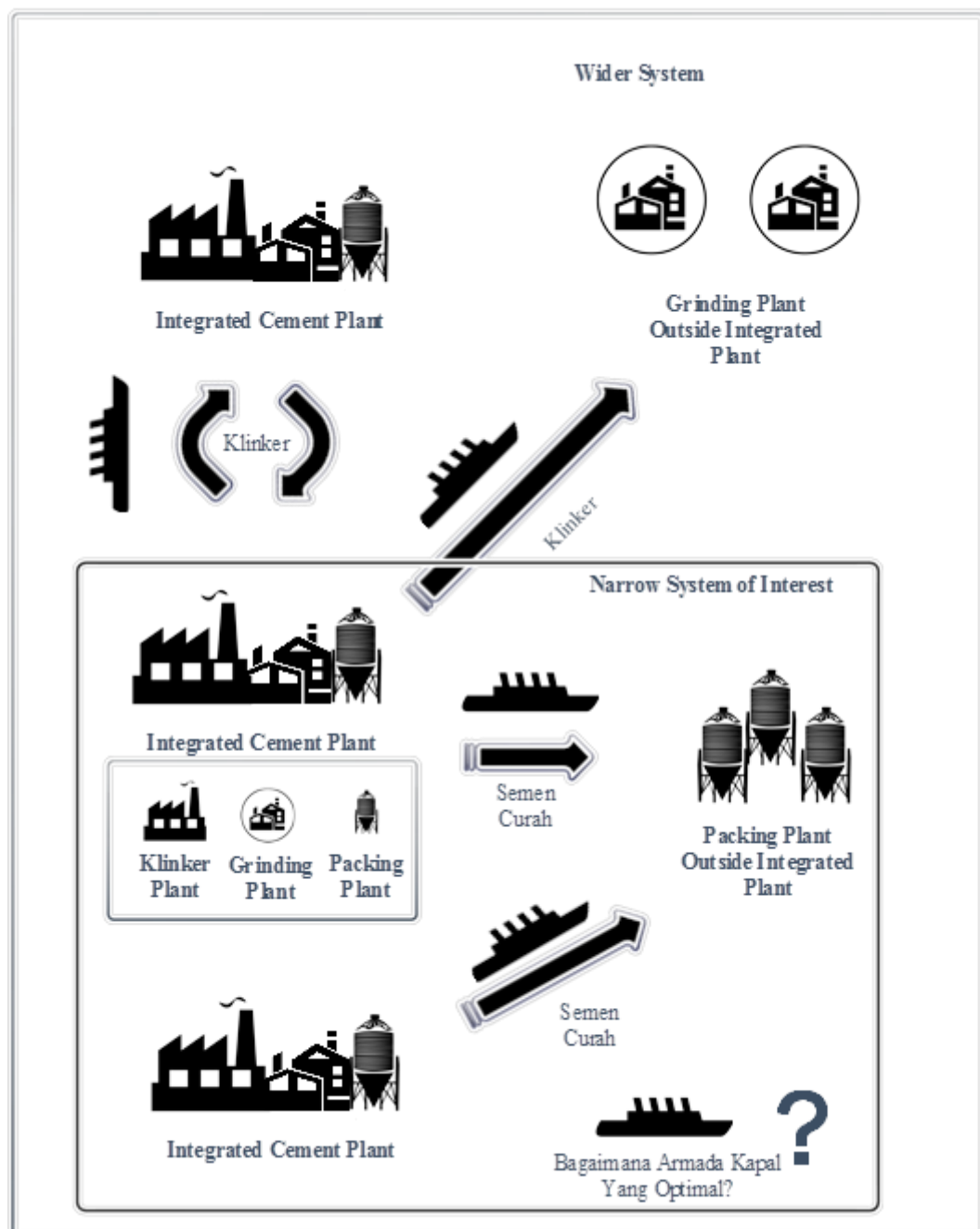
Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian



Gambar 3.2 *Flow Chart* Penelitian (Lanjutan)

3.1 Ringkasan Situasi Permasalahan

Pada tahap ini akan digambarkan permasalahan yang terjadi. Tahap ini dilakukan untuk mempermudah mendapatkan focus pada tahap selanjutnya yaitu indentifikasi permasalahan. Gambaran permasalahan disajikan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Ringkasan Permasalahan

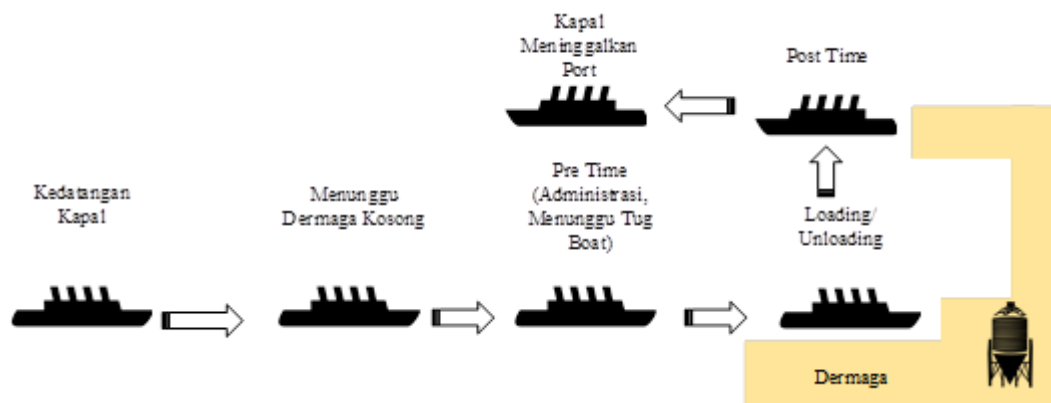
3.2 Studi Sistem Permasalahan

Setelah didapatkan gambaran permasalahan selanjutnya dilakukan identifikasi mengenai 6 elemen permasalahan yang ada yaitu pengambil keputusan, objectives pengambil keputusan, kriteria keputusan, ukuran performance, alternatif keputusan (skenario), dan konteks dimana masalah terjadi (Daellenbach, 1994).

3.2.1 Elemen sistem

Entitas yang ada pada sistem distribusi semen melalui laut ini adalah semen yang dikirimkan menggunakan kapal. Entitas akan bergerak secara *batch* di dalam bentuk kapal. Menggunakan kapal sebagai bentuk entitas akan terlihat perjalanan kapal secara lebih real. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan arus informasi pengiriman sebagai entitas di mana pergerakan kapal tidak bisa terlihat secara jelas.

Proses yang ada pada sistem mulai dari pengisian semen sampai dengan keluarnya semen di *packing plant* menurut *demand rate* per hari. Proses tersebut dapat digambarkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Event Dalam Sistem Distribusi SMI

Resources yang dipakai pada sistem ini adalah kapal yang ada di masing-masing depot yang ada. Kapal yang dimiliki akan mempunyai spesifikasi tertentu dalam segi kapasitas kapal. Kapasitas kapal nantinya akan menjadi batasan jumlah semen yang dapat diangkut dalam distribusi yang dilakukan.

Kontrol pada sistem distribusi semen melalui laut ini ada pada peraturan pengiriman yang dilakukan oleh kapal. Terdapat dua pengaturan penugasan pada kapal, yaitu berangkat ke *packing plant* untuk mengirimkan semen dan kembali ke depot untuk melakukan pengiriman berikutnya.

3.2.2 Variabel Sistem

Variabel pada sistem dapat dibagi menjadi 3 yaitu variabel keputusan, variabel respon dan state variabel. Pada sistem distribusi ini variabel keputusan yang diambil adalah jumlah kapal dan kapasitas kapal. Variabel respon yang dilihat

adalah Frekuensi pengiriman, utilitas kapal dan level inventori yang ada dari waktu ke waktu. Untuk state variable adalah menganggur atau tidaknya kapal yang ada.

Tabel 3.1 Variabel Sistem

Variabel Keputusan	Variabel Respon	Variable State
Jumlah Kapal	Utilitas Kapal	Kondisi Kapal (Busy/Ide)
Kapasitas Kapal	Frekuensi Pengiriman	
	Level Inventori	

3.2.3 Kriteria Keputusan

Kriteria keputusan adalah untuk minimasi biaya distribusi dengan tetap mempertahankan servis level di level tertentu.

3.2.4 Ukuran Performansi

Performansi sistem dilihat berdasarkan *performance matriks* yang telah ditentukan. *Performance Matriks* yang digunakan ada dua yaitu biaya pengiriman dan *service level* dari packing plant.

Biaya pengiriman dihitung berdasarkan *fixed cost* dan *variable cost* yang ada. *Fixed cost* dihitung berdasarkan biaya sewa kapal yang dikeluarkan. Sistem sewa yang merupakan *time charter* membuat biaya yang dikeluarkan menjadi tetap walaupun frekuensi pemakaian yang berbeda-beda. *Variable cost* dihitung berdasarkan biaya operasional kapal meliputi biaya bahan bakar, biaya awak kapal, biaya loading/unloading.

$$Total\ Biaya\ Distribusi = Biaya\ Sewa\ Kapal + Biaya\ Operasional$$

Service level dihitung dari kemampuan *packing plant* untuk memenuhi permintaan yang ada. Dengan menggunakan *daily basis* didapat nilai *service level* dari satu dikurangi pembagian dari jumlah hari tanpa *stock out* dengan jumlah hari operasi.

$$Service\ Level = 1 - \frac{Jumlah\ Hari\ Tidak\ Terjadi\ Stock\ Out}{Total\ Hari\ Simulasi}$$

Keputusan yang diambil ditujukan untuk mencari jumlah kapal dan kapasitas yang optimal. Pada pemilihan kapal hanya digunakan satu kapasitas saja, sehingga tidak dimungkinkan digunakan 2 kapasitas secara bersamaan. Metode analitis untuk menentukan jumlah kapal pada skenario dasar. Perhitungan jumlah kapal dilakukan dengan rumus sebagai berikut,

$$\text{Jumlah Kapal} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{DoTi} \times \text{RTDi})}{\text{Kapasitas Kapal}}$$

DoT = Daily of Take

RTD = Round Trip Days (waktu siklus dari mulai loading di depot, perjalanan, unloading di *packing plant* hingga kembali ke depot)

N = Jumlah Packing Plant

Perhitungan jumlah kapal akan dijumlahkan untuk 2 depot yang ada. Dengan asumsi depot *dedicated* untuk *packing plant* tertentu, DoT konstan pada level tertentu, dan RTD akan selalu sama. Contoh untuk perhitungan adalah sebagai berikut,

Depot : Tuban, Tonasa

Packing Plant : Banyuwangi, Pontianak, Banjarmasin

Balik Papan, Samarinda, Celukan Bawang

Tabel 3.2 Perhitungan Jumlah Kapal Skenario Dasar

Depot Tuban	DoT	RTD	RTD x DoT
Banyuwangi	958	5	4790
Celukan Bawang	930	5	4650
Banjarmasin	923	5	4615
Balik Papan	721	6	4326
Pontianak	832	6	4992
Samarinda	813	7	5691
Total			29064
Jumlah Kapal			5
Depot Tonasa	DoT	RTD	RTD x DoT
Banjarmasin	930	6	5580
Samarinda	923	6	5538
Culang Bawan	813	7	5691
Total			16809
Jumlah Kapal			3

Setelah didapat jumlah kapal pada skenario dasar, nantinya akan dibuat skenario dengan jumlah kapal dirubah di sekitar nilai awal. Setiap skenario dasar akan menjadi beberapa skenario yang akan dievaluasi, skenario dasar untuk setiap kapasitas dapat dilihat pada Tabel 3.2. Skenario secara lengkap akan dibuat dengan membuat merubah jumlah kapal di sekitar skenario dasar. Skenario kapal untuk tiap kapasitas secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Alternatif Skenario Dasar

Skenario Dasar	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa
Skenario Kapal 5000 DWT	6	4
Skenario Kapal 6000 DWT	5	3
Skenario Kapal 7500 DWT	4	3
Skenario Kapal 10000 DWT	3	2

Tabel 3.4 Skenario Kapal

Kapasitas Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Kapasitas Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa
5000	5	3	7500	3	2
	5	4		3	3
	5	5		3	4
	6	3		4	2
	6	4		4	3
	6	5		4	4
	7	3		5	2
	7	4		5	3
	7	5		5	4
6000	4	2	10000	2	1
	4	3		2	2
	4	4		2	3
	5	2		3	1
	5	3		3	2
	5	4		3	3
	6	2		4	1
	6	3		4	2
	6	4		4	3

3.3 Pengumpulan Data

Langkah ini dilakukan untuk memperoleh data nyata untuk mendapatkan gambaran dari sistem yang ada. Data yang dikumpulkan akan terbagi menjadi tiga yaitu data structural, data operasional dan data numerik. Data structural adalah data yang menunjukkan struktur objek dari sistem. Data operasional adalah data yang menunjukkan bagaimana sistem beroperasi. Data numeric menunjukkan data kuantitatif yang ada pada sistem.

Tabel 3.5 List Data yang Dibutuhkan

Data Struktural		
General	Depot	Packing Plant
Jalur-Jalur Pengiriman	Lokasi Depot	Lokasi Packing Plant
Jenis Semen	Jumlah Dermaga & Loading Facility	Jumlah Dermaga & Loading Facility
Jenis Kapal	Jumlah Kapal	Jumlah Kapal
Data Operasional		
General	Depot	Packing Plant
Rute	Loading Ability	Unloading Ability
Lokasi Intercompany Sales		
Data Numerik		
General	Depot	Packing Plant
Kecepatan Kapal	Kapasitas Silo	Kapasitas Silo
	Production Rate	Demand Rate

3.4 Pembuatan Model Konseptual

Pada tahap dilakukan identifikasi terhadap elemen sistem dari distribusi semen yang dipakai. Elemen-elemen tersebut meliputi entitas, proses, *resources* dan *control* yang ada dalam sistem (Altiok & Melamed, B., 2007). Dari identifikasi tersebut nantinya akan dibuat model konseptual untuk menggambarkan sistem yang ada. Pada pembuatan model konseptual ini digunakan *logic flow diagram* untuk menggambarkan sistem.

Tabel 3.6 Perbedaan Aproksimasi dengan Penelitian Sebelumnya

	Pujawan dkk, 2015	Aproksimasi Penelitian
Depot	1	2
Packing Plant	2	6
Intercompany Sales	Tidak Ada	Ada
Jumlah Kapal	Variabel Keputusan	Variabel Keputusan
Kapasitas Kapal	Fixed	Variabel Keputusan

3.5 Validasi dan Verifikasi

Verifikasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model tersebut dibuat sesuai dengan alur logika dan proses bagaimana diharapkan. Validasi, di sisi lain, dilakukan untuk memastikan bahwa model tersebut dibuat sesuai sistem riil.

Proses validasi biasanya dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data primer yang diperoleh langsung dari lapangan. Jika tidak didapat kesimpulan tidak terdapat perbedaan berarti melalui pengujian statistic, maka model dapat dikatakan valid. Cara ini tidak bisa dilakukan jika model yang dibuat untuk perancangan sistem yang baru atau skenario yang benar-benar merombak sistem secara keseluruhan. Sistem eksisting akan benar-benar berbeda dengan model yang dibuat. Kondisi ini membuat validasi tidak bisa dilakukan dengan membandingkan sistem eksisting dengan model yang dibuat. Validasi akan dilakukan dengan melihat alur dari model koneptual yang dibuat, jika alur yang dibuat sudah sesuai dengan sistem baru yang diinginkan maka model bisa dikatakan valid.

Proses verifikasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan untuk memastikan tidak ada kesalahan saat model berjalan. Tahap verifikasi kedua dilakukan untuk memastikan logika aliran simulasi masuk akal, wajar, dan menurut aliran logis dari bagaimana hal itu dirancang di tempat pertama. verifikasi ini juga akan memeriksa apakah dan matematika perhitungan dilakukan dengan benar oleh model.

3.6 Eksperimen

Setelah model simulasi divalidasi dan diverifikasi, beberapa skenario perbaikan kemudian dievaluasi. Semua skenario yang ada akan diuji satu per satu untuk mendapatkan output masing-masing skenario.

3.7 Analisa Komparasi Skenario

Model simulasi dibangun untuk mengevaluasi dampak dari setiap kombinasi dari keputusan di distribusi pada tingkat layanan dan biaya distribusi per ton. Diharapkan biaya yang lebih rendah dari keputusan jumlah kapal akan tetap

menjaga tingkat layanan yang dapat diterima. Oleh karena itu, dari setiap replikasi, biaya tingkat layanan dan distribusi secara keseluruhan akan dikumpulkan.

Setelah mendapatkan hasil simulasi, uji ANOVA akan dilakukan untuk menguji apakah ada faktor atau kombinasi dari faktor-faktor signifikan mempengaruhi tindakan output. Selanjutnya melalui uji hipotesa akan dilakukan uji komparasi untuk membandingkan hasil antar skenario. Skenario terbaik selanjutnya akan dipilih.

Setelah mengetahui skenario terbaik pada sistem distribusi, selanjutnya akan dilakukan uji sensitivitas pada factor-faktor yang berpengaruh. Uji sensitivitas ini bertujuan untuk melihat sejauh mana keputusan akan berubah dalam kondisi-kondisi tertentu.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan mengenai penelitian ini dan juga saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4

PERANCANGAN MODEL

Pada bab akan ini dijelaskan data-data serta tahapan-tahapan terkait perancangan model distribusi semen. Dilakukan pula identifikasi terkait karakteristik pengangkutan semen melalui transportasi pada daerah perairan serta pengumpulan data-data yang dibutuhkan.

4.1 Pengumpulan Data

Sub-bab ini akan menjelaskan data-data yang akan digunakan dalam pembuatan model konseptual maupun model simulasi.

4.1.1 Aktifitas Kapal

Pengumpulan data mengenai aktifitas kapal bertujuan untuk mengetahui proses-proses apa saja yang dilalui kapal dalam melakukan pengiriman. Dengan menganalisa data aktifitas kapal dapat dibuat model konseptual sistem distribusi semen serta didapat data-data mengenai waktu pada masing-masing proses.

4.1.2 Elemen Biaya Distribusi

Pengumpulan data mengenai elemen biaya distribusi dibutuhkan untuk perhitungan biaya distribusi total nantinya. Biaya distribusi total tersebut akan menjadi parameter evaluasi dalam menentukan skenario terbaik nantinya. Elemen biaya yang ada pada biaya distribusi adalah *charter cost*, *operational cost*, dan *loading/unloading cost*. *Charter cost* merupakan biaya untuk menyewa kapal secara *time charter*. *Operational cost* merupakan biaya yang keluar pada saat kapal melakukan pengiriman seperti biaya bahan bakar, gaji awak kapal, dan biaya perawatan kapal.

Tabel 4.1 Biaya Sewa dan Operasional Kapal

Kapasitas Kapal	Operation Cost Per Day (Juta Rupiah)	Charter Cost Per Year (Milyar Rupiah)
20000	39,5	36,7
10000	26,5	21,8
7500	19,8	16,4
6000	15,9	13,1
5000	13,3	10,9

4.2 Model Konseptual

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual dan logika dasar dalam pembuatan model simulasi.

4.2.1 Penjelasan Model Konseptual

Model konseptual dibuat menggunakan *logic flow diagram* seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Penjelasan model konseptual yang ada adalah sebagai berikut.

1. *Rate Semen Depot*

Rate semen yang dimaksud di sini merupakan semen yang masuk ke dalam silo pelabuhan dari *plant*. Masuknya semen ini merupakan input ke dalam sistem distribusi.

2. *Pre Time Depot*

Tahap ini mengacu pada serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan port dan pemuatan, termasuk menunggu kapal tunda, survei draft, pengolahan dokumen administrasi, dan memasang peralatan *loading*. Namun sebelum dapat melakukan *pre time* harus di cek kesiapan dermaga untuk kapal bersandar dan juga jam operasional dermaga. Jika kapal datang di luar jam operasional maka kapal harus menunggu hingga masuk jam operasional baru bisa untuk diproses.

3. Evaluasi Ketersediaan Depot

Tahap ini dilakukan untuk memastikan pengisian dilakukan hanya ketika proses pengisian bisa dilakukan tanpa ada pemberhentian alat karena tidak tersedia semen dalam silo. Maka dari itu pengisian bisa dilakukan ketika memenuhi kondisi sebagai berikut,

$$JS + \left(R \times \frac{C}{LT} \right) \geq C$$

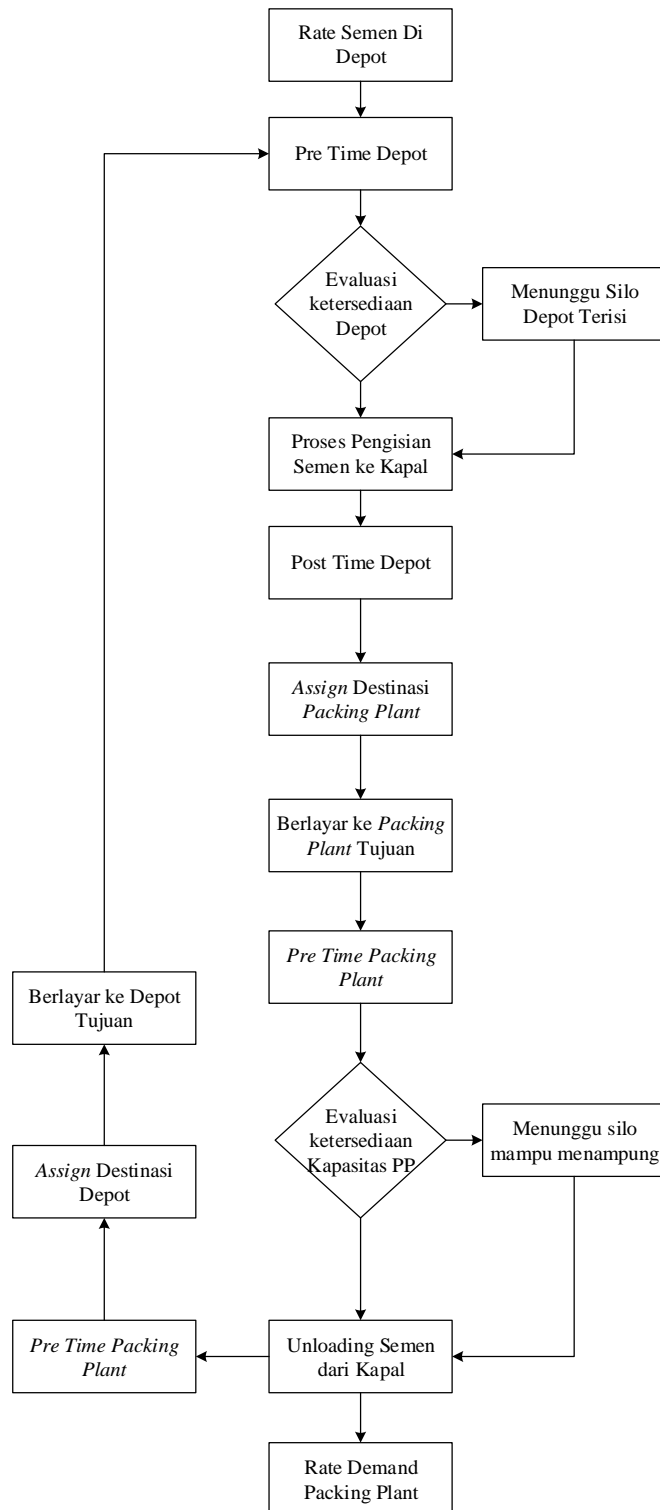
JS = Jumlah semen dalam silo (ton)

R = Rate semen yang masuk ke silo (ton/jam)

C = Kapasitas kapal (ton)

LT = Loading Time

Kapal bisa melakukan pengisian jika jumlah semen yang ada dalam silo dalam level yang sama atau melebihi kapasitas silo jika ditambah dengan semen yang masuk selama pengisian.



Gambar 4.1 *Logic Flow Diagram Model Distribusi Semen*

4. Proses Pengisian Semen ke Kapal

Proses ini merupakan proses pengisian semen ke kapal. Pada proses ini waktu proses dianggap konstan per jam sesuai dengan Loading Time yang digunakan.

5. Post Time Depot

Tahap ini mengacu mengatur proses yang dilakukan untuk pelepasan *loading facility*, untuk melakukan rancangan survei pasca-loading, dan mengikuti kapal tunda. Tahap ini terjadi tepat setelah proses loading selesai.

6. Assign Destinasi Packing Plant

Pemilihan tujuan pengiriman akan didasarkan pada level inventori pada masing-masing *packing plant*. Pada saat suatu level tertentu maka *packing plant* tersebut akan memberikan sinyal *reorder point* (ROP) yang berarti pengiriman harus dilakukan ke *packing plant* tersebut. Perhitungan ROP sendiri akan didasarkan pada rumus berikut.

$$ROP = leadtime\ demand + safety\ stock$$

$$ROP = (RTD \times D) + (Z \times \sigma \times \sqrt{RTD})$$

ROP: Reorder Point

RTD: Round Trip Days

D : Rata rata demand

Z : Nilai distribusi normal

σ : Standar deviasi demand

7. Berlayar ke Packing Plant Tujuan

Setelah didapat tujuan maka selanjutnya kapal akan berlayar menuju *packing plant* tujuan. Kecepatan kapal diperoleh dari data aktifitas kapal yang telah diperoleh sebelumnya.

8. Pre Time Packing Plant

Proses ini sama dengan pre time pada depot sebelumnya. Perbedaan hanya terjadi pada beberapa *packing plant* yang terletak pada daerah Kalimantan, di mana kapal harus melewati sungai. Pada *packing plant*

tersebut *tug boat* akan memandu Kapal mulai dari muara sungai hingga mencapai *packing plant*.

9. Evaluasi Ketersediaan Kapasitas Packing Plant

Melakukan evaluasi terkait sisa kapasitas pada *packing plant*. Jika sisa kapasitas tidak mencukupi untuk membongkar semua muatan maka kapal akan menunggu hingga sisa kapasitas mencukupi.

10. Menunggu Silo Mampu Menampung

Proses menunggu di dermaga hingga sisa kapasitas pada silo *packing plant* mencukupi untuk melakukan proses bongkar.

11. Unloading Semen Dari Kapal

Proses pemindahan semen dari kapal menuju silo *packing plant*. Pada proses ini unloading rate bersifat konstan sehingga waktu proses merupakan hasil bagi antara muatan kapal dibagi dengan unloading rate.

12. Post Time Packing Plant

Proses ini hamper sama dengan *post time* yang ada pada depot. Perbedaan hanya ada pada *packing plant* yang berada di sungai, dimana tug boat akan digunakan lebih lama karena memandu hingga keluar dari sungai.

13. Assign Destinasi Depot

Pada proses ini dilakukan pemilihan depot yang akan dituju oleh kapal. Karena terdapat 2 depot maka pemilihan akan didasarkan pada kekritisian dari *packing plant* yang dipasok oleh depot tersebut. Jumlah kapal yang tersedia akan diseimbangkan pada masing-masing depot sesuai dengan kebutuhan kapal di depot tersebut. Secara lebih jelas logika pemilihan depot akan dijelaskan pada sub-subbab berikutnya.

14. Berlayar ke Depot

Setelah didapat depot yang akan dituju maka kapal akan berlayar menuju depot.

15. Rate Demand Packing Plant

Merupakan keluarnya semen dari silo *packing plant* sesuai dengan *daily of take* dari masing-masing *packing plant*.

4.2.2 Penjelasan Logika Pemilihan Depot

Pemilihan depot dilakukan ketika kapal selesai melakukan pengiriman di *packing plant*. Untuk melanjutkan cycle dalam sistem distribusi, kapal harus kembali ke depot untuk selanjutnya melakukan pengiriman. Pada saat memilih depot, terdapat 2 aturan penugasan yang berbeda. Aturan penugasan pertama adalah kapal kembali ke depot asal kapal tersebut. Aturan penugasan kedua kapal akan cenderung memilih depot yang terdekat dari posisi kapal saat itu.

Aturan penugasan pertama adalah memilih depot tempat kapal berasal. Contohnya kapal yang berasal dari depot tuban akan kembali ke tuban setelah selesai melakukan pengiriman dari manapun posisi kapal saat itu. Aturan yang sama akan berlaku untuk kapal dari depot tonasa.

Aturan penugasan kedua adalah memilih depot terdekat dari posisi kapal saat itu. Contohnya ketika kapal dari tonasa melakukan pengiriman ke Celukan Bawang, setelah selesai melakukan pengiriman kapal tidak selalu menuju depot tonasa namun menuju depot tuban yang lebih dekat dari Celukan Bawang. Pemilihan tidak hanya didasarkan pada kedekatan kapal dengan depot terdekat namun juga kekritisian dari kebutuhan kapal di depot tersebut. Kekritisian kebutuhan kapal akan dilihat dari inventori *packing plant* yang disuplai oleh depot tersebut.

Evaluasi dilakukan dengan melihat apakah ketika kapal sampai pada depot yang dituju ROP pada *packing plant* yang akan disuplai depot tersebut akan terjadi. Untuk itu digunakan variabel baru bernama ROP'.

ROP'_{ij} bernilai 1 jika,

$$I_{ij} \leq \text{ROP}_{ij} + D_{ij} \times T_i$$

dan bernilai 0 jika,

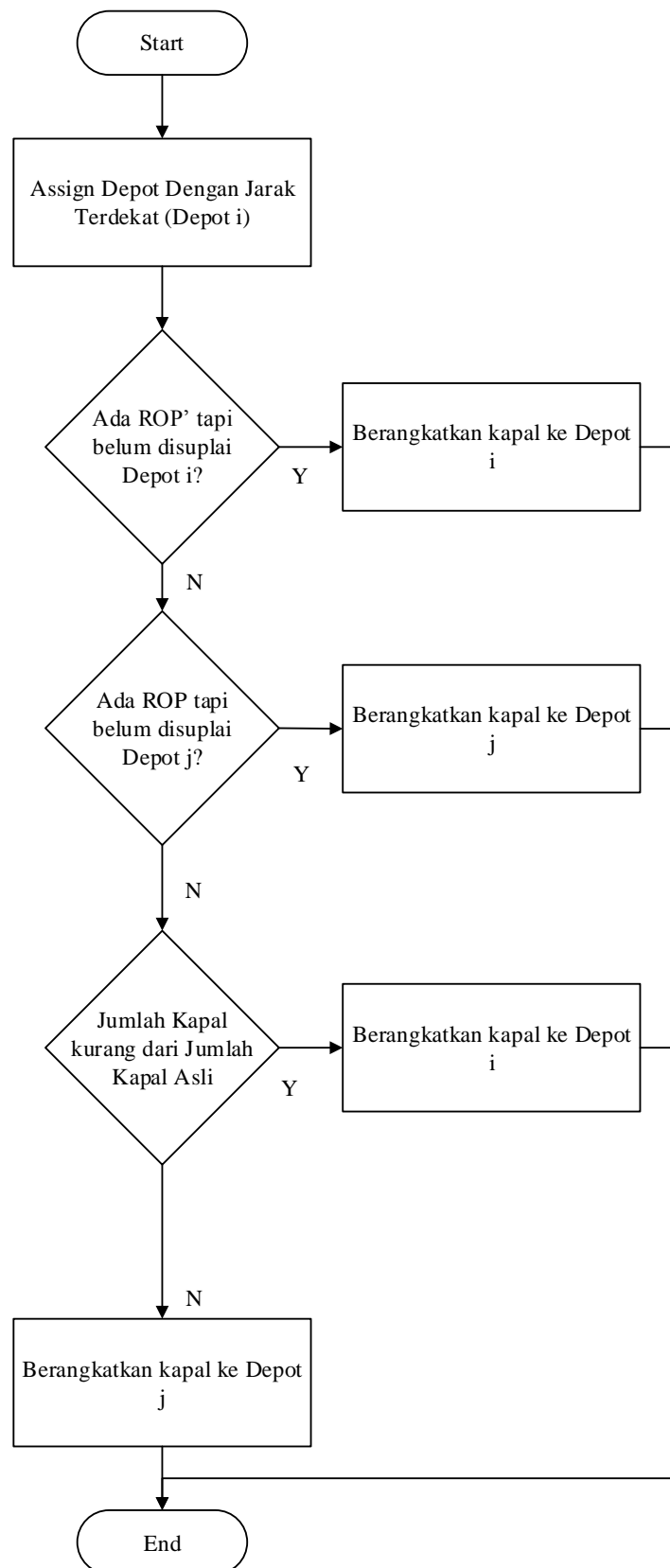
$$I_{ij} > \text{ROP}_{ij} + D_{ij} \times T_i$$

I_{ij} = inventori *packing plant* j yang disuplai Depot i

ROP_{ij} = reorder point *packing plant* j yang disuplai Depot i

D_{ij} = rata-rata demand *packing plant* j yang disuplai Depot i

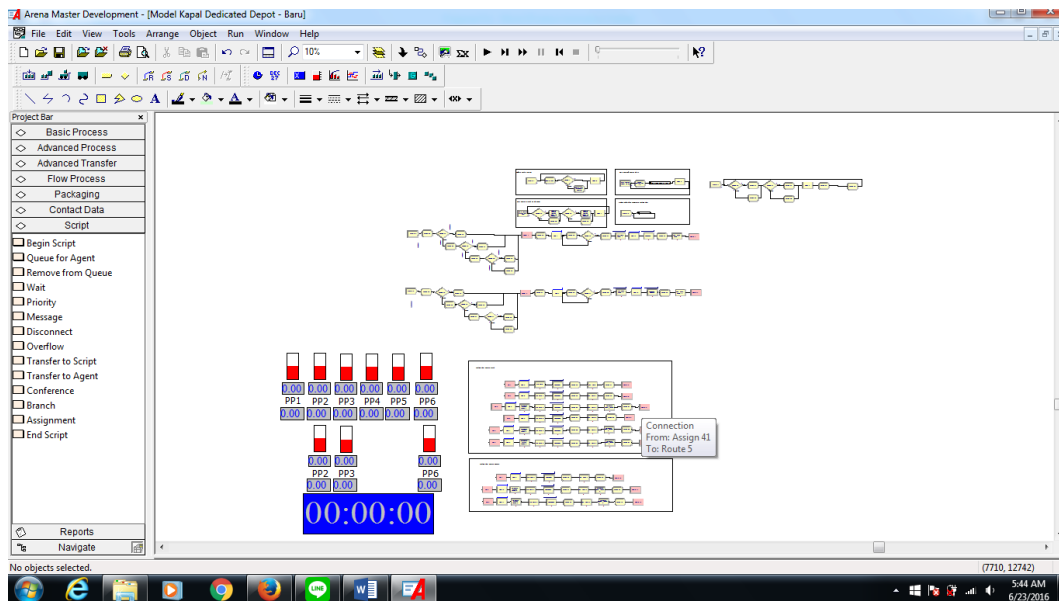
T_i = lama perjalanan ke Depot i dari posisi sekarang



Gambar 4.2 Logika Pemilihan Depot

4.3 Perancangan Model Simulasi

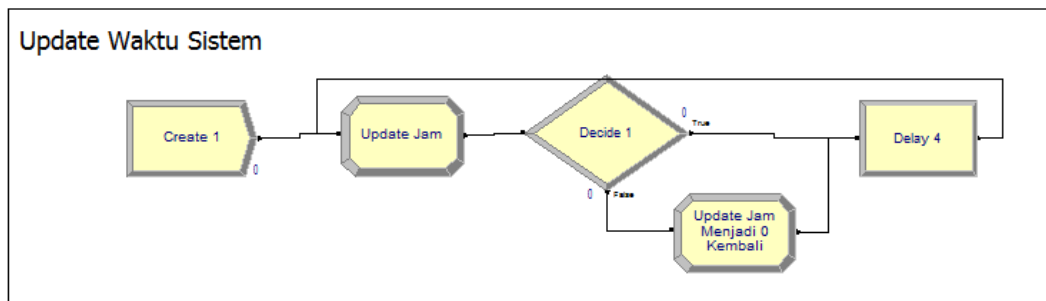
Model simulasi terdiri 7 submodel yaitu submodel jam operasional, submodel *production rate*, submodel DOT dan SOD, submodel ROP, submodel availability depot dan intercompany-sales, submodel depot dan yang terakhir submodel packing plant.



Gambar 4.3 Model Simulasi

4.3.1 Submodel 1: Jam Operasional

Submodel 1 ini bertujuan untuk mengatur waktu pada model simulasi. Hal ini dibutuhkan karena waktu pada Arena akan terus bertambah (tidak hanya 24 jam) sehingga akan cukup sulit untuk membatasi jam kerja pada model simulasi.

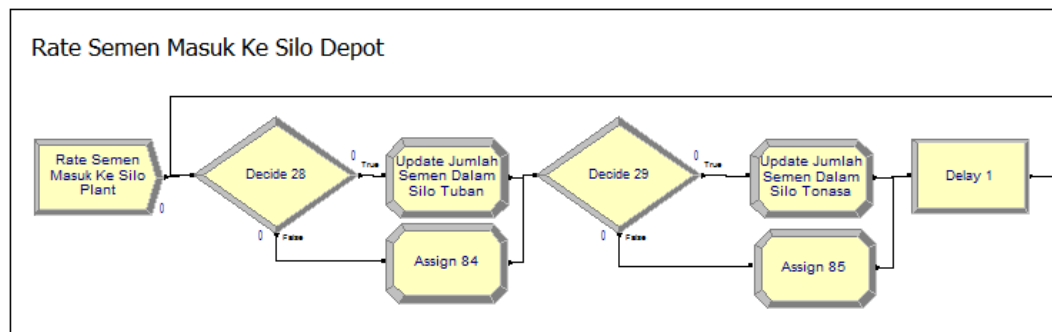


Gambar 4.4 Submodel 1

Pada submodel 1 entitas yang akan melewati modul adalah informasi yang digunakan untuk mengupdate waktu pada simulasi. Entitas akan keluar dari modul create dan hanya dibatasi sebanyak 1 entitas dan terus berputar dalam submodul. Terdapat modul delay pada modul untuk membatasi update dari waktu hanya terjadi setiap jam. Waktu akan terus diupdate mulai pukul 00.00 hingga 24.00, setelah mencapai pukul 24.00 maka waktu akan diupdate menjadi 00.00 kembali.

4.3.2 Submodel 2: Production Rate Depot

Submodel 2 mengatur semen yang masuk ke dalam sistem distribusi. Semen akan masuk ke depot dalam jumlah yang tetap setiap jamnya. Rate pada masing-masing depot berbeda yaitu 285 ton/jam untuk depot 1 dan untuk depot 2 adalah 185 ton/jam. Entitas yang digunakan pada submodul ini sama dengan submodul sebelumnya yaitu aliran informasi dan hanya berjumlah satu entitas yang terus berputar dalam submodul. Penggunaan entitas sebagaimana yang disebutkan bertujuan untuk meminimalisir entitas yang ada pada model mengingat keterbatasan dari Arena.

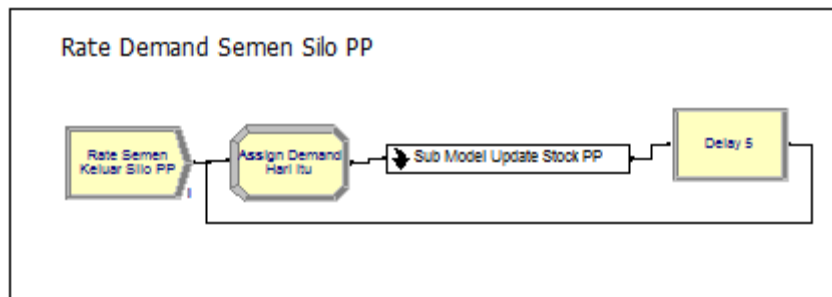


Gambar 4.5 Submodel 2

Modul assign digunakan untuk mengupdate jumlah semen yang ada pada silo. Modul decide digunakan untuk memastikan jumlah semen yang ada pada silo tidak melebihi kapasitas maksimal silo yaitu 11000 ton. Jika sisa kapasitas masih cukup untuk menampung aliran semen maka jumlah semen akan diupdate sejumlah rate $\text{Jumlah Semen} = \text{Jumlah Semen} + \text{Rate}$. Namun jika silo sudah mencapai kapasitas maksimum maka jumlah semen tidak akan diupdate sesuai rate. Update dilakukan setiap satu jam, maka dari itu digunakan modul delay untuk membuat update hanya dilakukan setiap jamnya.

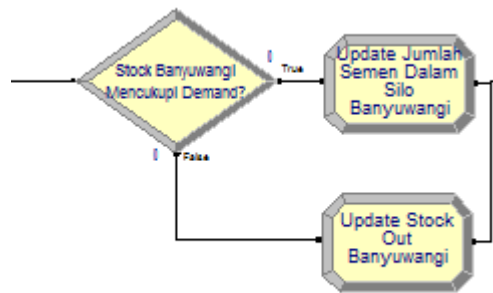
4.3.3 Submodel 3: Daily of Take serta Stock Out Days

Submodel 3 digunakan untuk mengambil semen yang ada pada silo *packing plant* serta menghitung *stock out days* yang terjadi. Semen dalam *packing plant* akan dikurangi setiap 24 jam dikarenakan data demand yang didapat adalah demand harian.



Gambar 4.6 Submodel 3

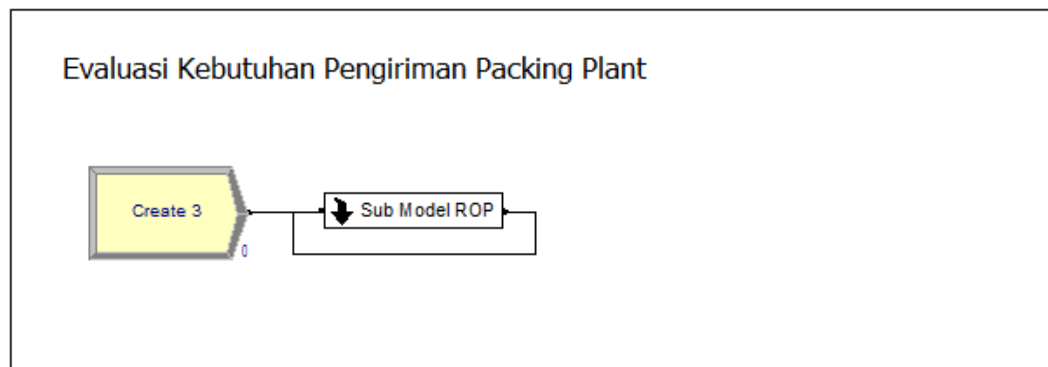
Sama seperti submodel-submodel sebelumnya, pada submodel ini digunakan hanya satu entitas untuk mengupdate nilai inventori serta *stock out days*. Modul delay selama 24 jam digunakan untuk memastikan update hanya dilakukan setiap 24 jam sekali. Modul assign digunakan untuk menggenerate demand per hari. Demand setiap *packing plant* akan dimasukkan ke dalam atribut bernama DOT, atribut ini yang nantinya digunakan untuk mengurangi inventori di *packing plant*. Logika dari *daily of take* sendiri terdapat pada subsubmodel Update Stock PP. Logika update sendiri menggunakan 2 modul utama yaitu decide dan assign. Modul decide digunakan untuk mengevaluasi inventori PP yang berupa variabel. Jika inventori yang ada pada *packing plant* mencukupi untuk memenuhi demand maka entitas akan melewati assign yang digunakan untuk mengurangi inventori. Jika inventori tidak mencukupi maka entitas akan melewati assign yang digunakan untuk menghitung *stock out days*.



Gambar 4.7 Logika DOT dan Stock Out Days

4.3.4 Submodel 4: Reorder Point

Submodel reorder point digunakan untuk memberikan sinyal bahwa *packing plant* membutuhkan pengiriman. Sinyal akan disimpan dalam bentuk variabel yang nantinya akan digunakan untuk logika berikutnya pada submodel depot. Dalam submodel ini juga dilakukan penentuan dari depot mana *packing plant* akan disuplai. Dalam kondisi normal, *packing plant* akan meminta suplai dari depot sesuai dengan merk dagang masing-masing, namun ketika avaibilitas depot tidak memadai maka dimungkinkan terjadi *intercompany-sales*.



Gambar 4.8 Submodel 4

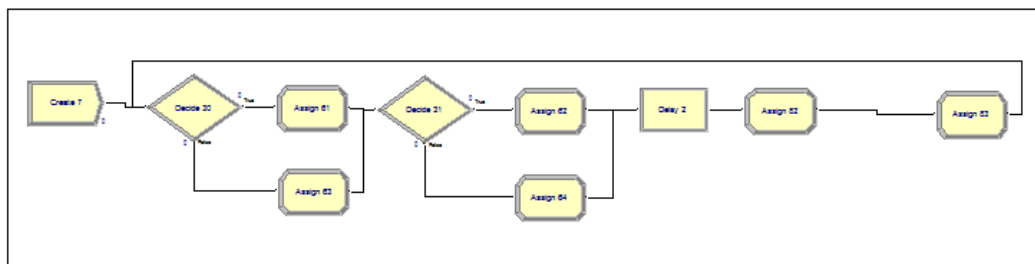
Pada submodel ini digunakan modul decide untuk mengevaluasi inventori yang ada pada masing-masing *packing plant*. Begitu inventori berada di bawah reorder point maka variabel yang “Kirim” yang menandakan butuh dilakukan pengiriman akan diupdate menjadi satu. Untuk perhitungan ROP sendiri dihitung sebagaimana persamaan ROP.

Tabel 4.2 Perhitungan ROP

Packing Plant	Rate Rata-Rata Demand	Standar Deviasi	RTD	Safety Stock	ROP
Banyuwangi	958	44.5	5	163.19	4953.19
Celukan Bawang	930	60.5	5	221.86	4871.86
Banjarmasin	923	71.8	5	263.30	4878.30
Balik Papan	721	61.4	6	246.65	4572.65
Pontianak	832	47.2	6	189.61	5181.61
Samarinda	813	57.8	7	250.80	5941.80
Celukan Bawang 2	930	60.5	6	243.04	5823.04
Banjarmasin 2	923	71.8	6	288.43	5826.43
Samarinda 2	813	57.8	7	250.80	5941.80

4.3.5 Submodel 5: Availability Depot dan Kebutuhan Intercompany Sales

Submodel ini bertujuan untuk memicu terjadinya *intercompany-sales*. *Intercompany-sales* akan dipicu oleh avabilitas dari masing-masing depot. Ketika depot dalam kondisi tidak mampu mengirim maka *packing plant* akan disuplai oleh depot yang lain, disinilah *intercompany-sales* terjadi.



Gambar 4.9 Submodel 5

Pada submodel ini digunakan entitas yang berputar tiap minggunya. Entitas itu akan mengupdate kondisi depot menjadi available atau unavailable. Kondisi akan ditunjukkan oleh variabel avabilitas dengan nilai 1 atau 0. Kondisi tersebut akan ditentukan dengan probabilitas yang ada di modul decide. Avabilitas ini yang nanti akan digunakan pada penentuan depot mana yang menyuplai *packing plant*.

4.3.6 Submodel 6: Depot dan Pengaturan Jumlah Kapal

Submodel ini merupakan submodel utama pada model simulasi. Pada submodel ini ditentukan jumlah kapal yang akan disewa dan kapasitasnya. Kapal

akan digambarkan menjadi entitas yang akan terus berputar dalam sistem. Dengan membuat kapal sebagai entitas maka perhitungan biaya akan menjadi lebih mudah karena kapal yang berbeda akan ditemplei atribut yang berbeda.

Tabel 4.3 Perbandingan pemakaian kapal sebagai entitas atau resource

	Karakteristik
Kapal Sebagai Entitas	<ul style="list-style-type: none"> • Utilitas Kapal tidak terlihat secara langsung • Pengaturan jumlah kapal lebih mudah • Perhitungan biaya dan identifikasi spesifikasi lebih mudah karena bisa ditemplei atribut • Waktu running lebih cepat karena entitas yang ada pada sistem lebih sedikit
Kapal Sebagai Resource atau Transporter	<ul style="list-style-type: none"> • Utilitas Kapal dapat ditunjukan secara langsung • Diperlukan entitas tambahan berupa informasi maupun semen • Sulit untuk merubah jumlah kapal tanpa merubah model • Waktu running lebih lama karena butuh lebih banyak entitas untuk diproses

Sesuai dengan lampiran logika dalam submodel depot adalah sebagai berikut

1. Penentuan jumlah kapal

Penentuan jumlah kapal dilakukan dengan memasukkan jumlah kapal pada *maximum arrival* dari *create* kapal. Dengan demikian akan ada entitas sejumlah kapal yang masuk ke dalam sistem. Entitas kapal tersebut selanjutnya akan ditemplei dengan atribut kapasitas yang diinginkan.

2. Evaluasi kebutuhan pengiriman

Kapal yang masuk ke dalam sistem akan ditahan sampai ada sinyal dari submodel ROP, dimana salah satu *packing plant* akan meminta pengiriman dari depot tersebut.

3. Penentuan tujuan

Kapal akan mendeteksi *packing plant* mana yang membutuhkan pengiriman dan menjadikannya sebuah atribut yang dinamakan tujuan.

4. Pre Time Depot

Dilakukan evaluasi jam kerja, jika masih dalam jam operasional maka kapal akan melakukan Pre Time dengan lama proses berdistribusi $1.2 + \text{LOGN}(2.25, 1.44)$ jam.

5. Proses pengisian semen ke kapal

Kapal melakukan pengisian semen ke dalam kapal sampai kapal mencapai kapasitas maksimum. Selanjutnya semen yang sudah masuk akan diubah menjadi atribut muatan. Lama waktu pengisian adalah $\text{Kapasitas Kapal} / \text{Rate Pengisian}$.

6. Post time depot

Kapal melakukan post time untuk mempersiapkan keberangkatan kapal. Waktu untuk proses ini adalah $\text{NORM}(2.77, 0.971)$ jam.

7. Perjalanan menuju *packing plant*

Atribut tujuan akan digunakan dalam penentuan lama waktu dan tujuan dari perjalanan. Jarak dari depot akan dicari dengan variabel jarak yang telah diinput sebelumnya, dan jarak dengan indeks tujuan akan menjadi jarak tempuh kapal. Waktu tempuh akan menjadi jarak tempuh dibagi dengan kecepatan kapal. Kecepatan kapal sendiri adalah $10 + \text{LOGN}(12.1, 7.74)$ km/jam.

4.3.7 Submodel 7: Packing Plant

Submodel ini merupakan lanjutan dari submodel depot. Kapal yang sudah sampai pada *packing plant* tujuan akan diproses untuk mengambil semen dari kapal dan dimasukkan ke dalam silo *packing plant*. Pada submodel ini akan terdapat dua tipe *packing plant* yaitu *packing plant* laut dan *packing plant* sungai. *Packing plant laut* akan mengalami beberapa kondisi khusus dimana diperlukan proses tambahan untuk mengarungi sungai sebelum tiba di *packing plant*. Proses pada submodel ini adalah sebagai berikut.

1. Menunggu jam operasi

Pada saat kapal sampai pada lokasi *packing plant* akan dievaluasi apakah masih berada pada jam operasional. Jam operasional ditetapkan yaitu dari jam 6 pagi sampai dengan 6 sore. Ketika berada dalam rentang tersebut maka kapal akan melanjutkan proses

berikutnya namun jika tidak kapal harus menunggu. Khusus untuk *packing plant* sungai maka evaluasi akan dilakukan di muara sungai. Evaluasi dilakukan dengan memastikan apakah jam kedatangan kapal jika ditambah waktu perjalanan kapal masih berada di rentang jam operasional. Jika masih dalam rentang maka kapal akan dipandu untuk melakukan perjalanan sungai, jika tidak maka kapal akan menunggu.

2. Pre Time

Kapal akan melakukan proses per time untuk mempersiapkan pembongkaran. Waktu untuk proses ini adalah NORM(3.28, 1.63) jam.

3. Unloading

Sama dengan proses loading pada depot, proses ini membutuhkan waktu yang sebanding dengan muatan yang dibawa. Waktu proses akan menjadi muatan/rate bongkar. Setelah proses bongkar dilakukan maka inventori pada silo akan ditambah sesuai dengan muatan yang dibawa kapal.

4. Post Time

Setelah selesai melakukan pembongkaran kapal akan melakukan post time untuk mempersiapkan pemberangkatan kapal menuju depot. Waktu pada proses ini adalah NORM(2.99, 0.547) jam.

5. Assign Depot

Pada logika pemilihan depot ini akan terdapat dua pilihan. Yaitu pemilihan depot asal kapal dan dengan logika pemilihan kapal sesuai dengan Gambar 4.2.

6. Berlayar ke depot tujuan

Setelah ditetapkan tujuan dari depot yang dituju maka kapal akan berangkat menuju depot dengan waktu sesuai dengan jarak dari *packing plant* ke depot.

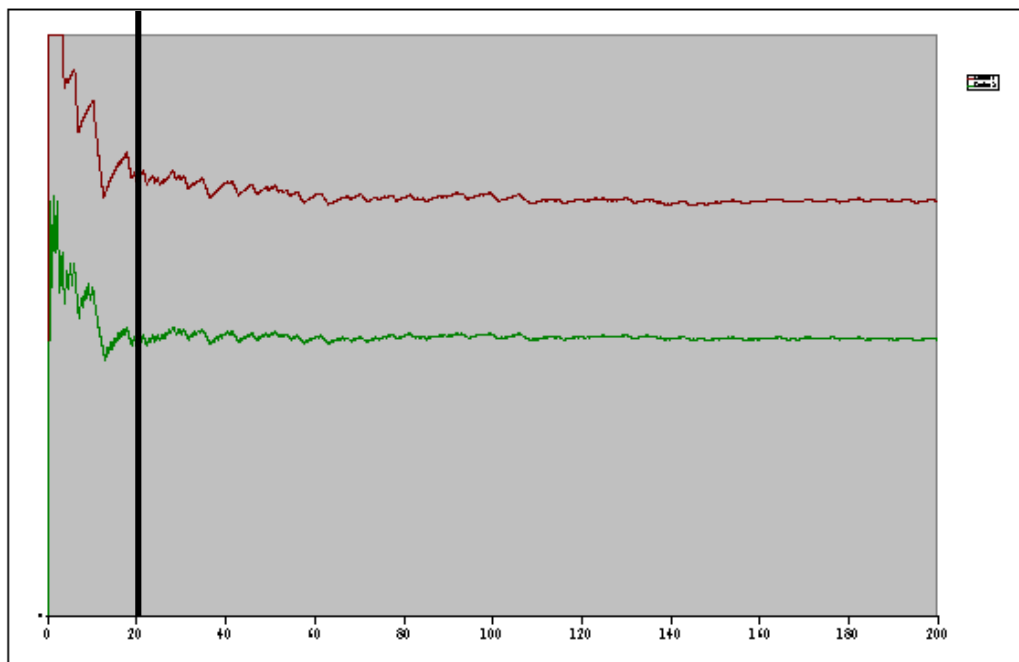
4.4 Perhitungan Warm Up Period dan Jumlah Replikasi

Pada subbab ini akan dihitung *warm up period* dari sistem dan jumlah replikasi yang dibutuhkan untuk *running* simulasi.

4.4.1 Perhitungan Warm Up Period

Sistem distribusi merupakan sistem yang berjalan secara terus menerus sepanjang tahun, maka dari itu sistem dapat dikategorikan sebagai *non-terminating condition*. Melihat kondisi sistem maka perlu ditetapkan *warm up period* dari model simulasi. Penentuan *warm up period* dilakukan untuk menghilangkan perilaku yang tidak menggambarkan sistem pada awal waktu simulasi.

Pada awal simulasi semua *packing plant* tidak mempunyai inventori. Hal ini mengakibatkan pengiriman yang dilakukan masing-masing depot akan sangat tinggi di awal. Penentuan *warm up period* akan didasarkan dari utilitas dermaga pada depot. Penggunaan utilitas dermaga karena penggunaan dermag berbanding lurus dengan jumlah pengiriman yang dilakukan.



Gambar 4.10 Utilitas dermaga depot

Garis merah menggambarkan utilitas dermaga di depot 1 sedangkan garis hijau menggambarkan utilitas dermaga pada depot 2. Menurut Law & Kelton, 2000

diperlukan penambahan 20%-30% untuk *safety factor*, maka didapatkan *warmup period* sebesar 30 hari.

4.4.2 Perhitungan Jumlah Replikasi

Perhitungan jumlah replikasi akan menggunakan output jumlah semen yang didistribusikan. Pada awal penentuan jumlah replikasi akan digunakan 5 kali replikasi di mana setiap replikasi akan dilakukan *running* selama satu tahun. Dari hasil *running* awal didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.4 *Running* Awal Simulasi

Replikasi	Semen Yang Didistribusikan (ton)
1	2629000
2	2682000.00
3	2667500.00
4	2642500.00
5	2662000.00
mean	2656600.00
std	20938.601

Dari hasil *running* selanjutnya akan dihitung *half-width(hw)* dari model simulasi. Dengan rumus sebagai berikut

$$Half\ Width = \frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}}$$

Dengan,

$$\alpha = 0.05$$

$$std = 20938.601$$

$$n = 5$$

didapatkan hasil sebagai berikut

$$Half\ Width = \frac{4.303 \times 20938.601}{\sqrt{5}}$$

$$Half\ Width = 52018.566$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai hw sebesar 52018.566 ton atau hanya berkisar 2 % dari rata-rata output hasil simulasi. Dengan nilai hw yang cukup kecil jika dibandingkan dengan rata-rata semen yang didistribusikan, maka dapat disimpulkan bahwa 5 replikasi sudah cukup untuk mewakili sistem yang ada.

4.5 Verifikasi dan Validasi Model

Pada subbab ini dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan model yang dibuat sudah sesuai dengan sistem yang ingin dibangun.

4.5.1 Validasi Model

Pada validasi model tanpa sistem eksisting tidak bisa digunakan metode statistik untuk validasi. Maka dari itu dalam validasi untuk model ini dilakukan dengan memakai simulasi manual (*spreadsheet simulation*) dan uji kondisi ekstrim model. Dua hal ini dilakukan untuk mengetahui *behavior* dari model simulasi. Jika *behavior* dari model simulasi yang dibuat sudah sesuai dengan sistem yang diinginkan maka model yang dibuat bisa dikatakan cukup mampu untuk mewakili rancangan sistem yang diinginkan.

4.5.1.1 Simulasi Manual

Simulasi manual ini dilakukan untuk mengetahui *behavior* dari model simulasi yang dibuat secara lebih detail. Simulasi secara manual dapat dilihat pada Lampiran C. Hasil dari simulasi manual adalah sebagai berikut

1. Pengiriman dilakukan ketika salah satu *packing plant* mencapai ROP.
2. Stok semen dalam silo *packing plant* akan terus menurun tiap harinya dan bertambah ketika kapal melakukan bongkar muat.
3. Stok semen dalam silo *packing plant* tidak bisa melebihi kapasitas silo.

Dari hasil yang didapatkan *behavior* dari model simulasi dapat dikatakan sama dengan rancangan sistem yang diinginkan. Dengan begitu model simulasi dapat dikatakan cukup untuk mewakili sistem yang diinginkan.

4.5.1.2 Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk mengetahui *behavior* pada kondisi yang di luar kewajaran. Jika kondisi model simulasi pada kondisi ekstrim mempunyai *behavior* yang sesuai dengan logika sistem maka model simulasi dapat dikatakan valid.

Pada uji coba kondisi ekstrim ini akan dilakukan beberapa percobaan. Ada 2 variabel yang akan diuji yaitu jumlah kapal dan *rate* semen yang masuk ke dalam silo depot. Kedua variabel ini akan di set ke dalam nilai yang sangat tinggi dan sangat rendah. Jika *behavior* model tetap sesuai yang diinginkan maka model dapat dikatakan valid.

Tabel 4.5 Uji Coba Variabel Ekstrim Terhadap Service Level

Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Rate Tuban	Rate Tonasa	Replikasi				
				1	2	3	4	5
0	0	285	185	0	0	0	0	0
5	2			0.94	0.95	0.95	0.94	0.95
20	20			1	1	1	1	1
40	40			1	1	1	1	1
5	2	0	0	0	0	0	0	0
		285	185	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95
		1000	1000	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95

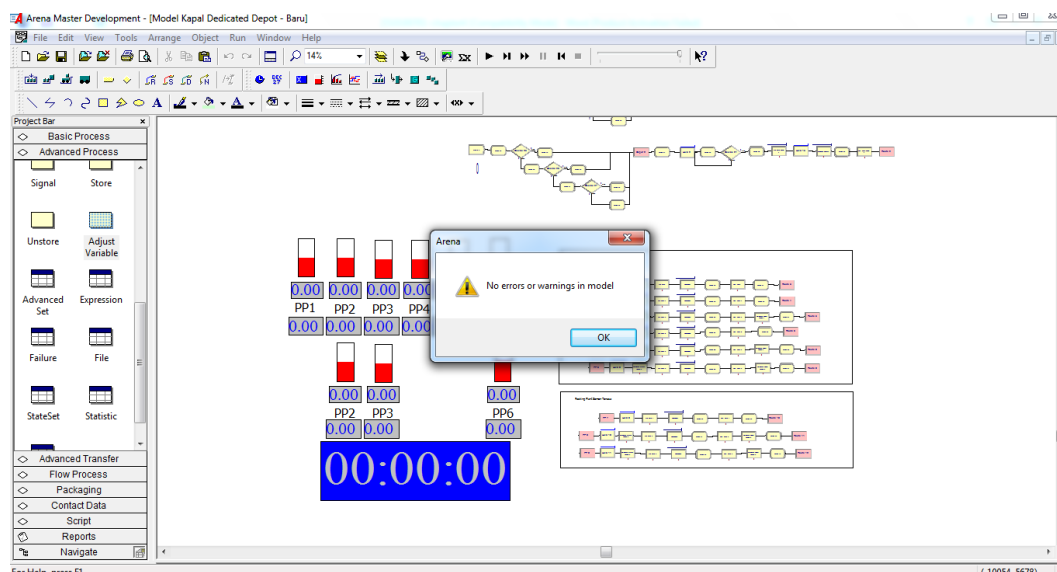
Hasil uji coba model di beberapa kondisi ekstrim bawah maupun ekstrim atas didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4. Pada uji coba variabel jumlah kapal dapat dilihat ketika tidak ada kapal yang ditugaskan untuk 2 depot dihasilkan *service level* bernilai nol. Hal ini merupakan sesuatu yang logis, karena jika tidak ada kapal maka pengiriman tidak akan bisa dilakukan. Hal sebaliknya terjadi ketika jumlah kapal di set ke nilai yang sangat besar pada masing-masing depot. *Service level* yang dihasilkan dengan jumlah kapal sangat banyak tersebut bernilai 1. Hal ini merupakan sesuatu yang logis ketika banyak kapal yang ada maka tidak mungkin terdapat terjadi keterlambatan dalam pengiriman, sehingga *stock out days* pasti bernilai nol.

Uji coba kedua pada rate menunjukkan hasil yang cukup logis. Ketika rate dijadikan nol, *service level* yang dihasilkan adalah nol. Ketika tidak terdapat semen

maka kapal hanya akan menunggu di depot dan tidak ada pengiriman. Ketika rate dijadikan sangat tinggi yaitu 1000 ton/jam. Service level yang ada tidak mengalami kenaikan dari kondisi normal. Hal ini dikarenakan keterbatasan jumlah kapal yang ada. Dari dua uji coba kondisi ekstrim yang ada maka dapat disimpulkan bahwa model simulasi sistem yang dibuat bisa menggambarkan kondisi sistem yang akan dirancang.

4.5.2 Verifikasi Model

Proses verifikasi akan dilakukan dengan 2 tahap. Pertama akan dilakukan pengecekan apakah terdapat error pada model yang telah dibuat. Pengecekan dilakukan oleh Arena untuk mengetahui apakah model bisa di *running*. Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa tidak ada error pada model.



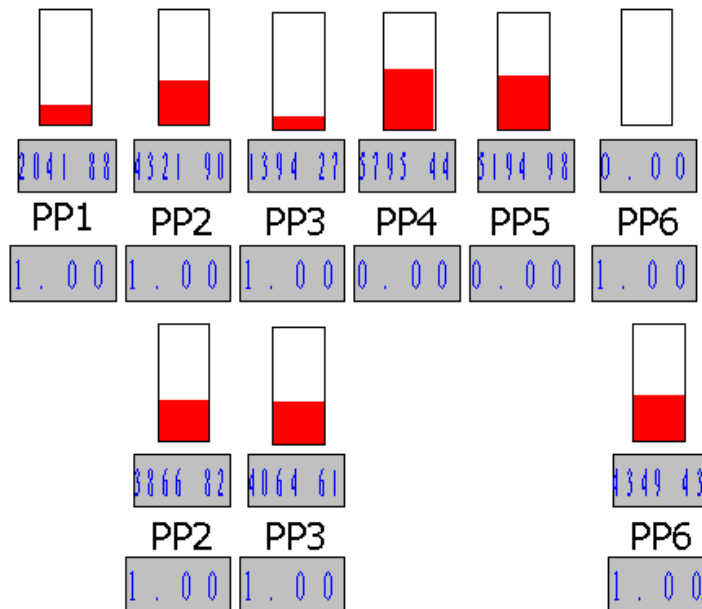
Gambar 4.11 Pengecekan Error Pada Arena

Tahap kedua adalah pengecekan terhadap logika yang ada pada Arena dengan model konseptual yang telah dibuat. Ada beberapa yang akan di cek yaitu verifikasi sinyal ROP, keberangkatan kapal dan jam operasional.

4.5.2.1 Verifikasi Sinyal ROP

Verifikasi sinyal ROP dilihat dari kapan sinyal ROP akan keluar dari masing-masing *packing plant*. Pada model konseptual sinyal ROP akan keluar

ketika inventori pada *packing plant* mencapai ROP. Untuk melihat hal tersebut dilihat dashboard pada model simulasi.

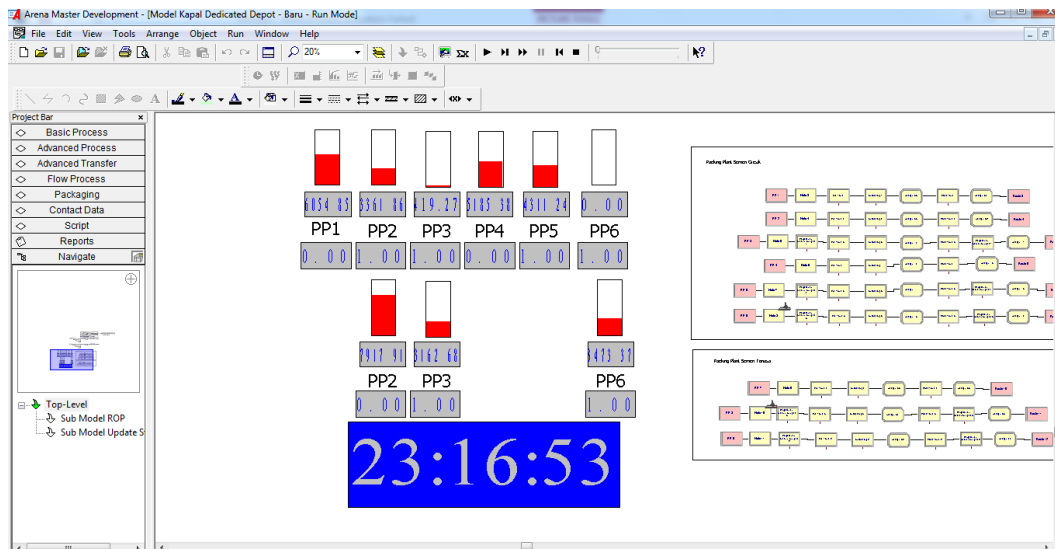


Gambar 4.12 Verifikasi ROP

Dari gambar 4.12 dapat dilihat beberapa *packing plant* memberikan sinyal ROP atau membutuhkan pengiriman. Pada *packing plant* 6 inventori mencapai titik nol, maka sangat jelas bahwa *packing plant* 6 membutuhkan pengiriman. Untuk *packing plant* 1,2,3 milik depot 1 dan seluruh *packing plant* depot 2 memberikan sinyal ROP atau membutuhkan pengiriman, hal ini dikarenakan semua inventori *packing plant* tersebut memang berada di bawah ROP. Sementara untuk *packing plant* 4 dan 5 milik depot 1 tidak memberikan sinyal karena masih inventori masih berada di atas ROP.

4.5.2.2 Verifikasi Keberangkatan Kapal

Verifikasi keberangkatan kapal dilakukan untuk melihat apakah dengan adanya sinyal ROP maka kapal akan berangkat menuju *packing plant* yang memberikan sinyal tersebut. Dari model yang di *running* didapatkan hasil sebagai berikut.

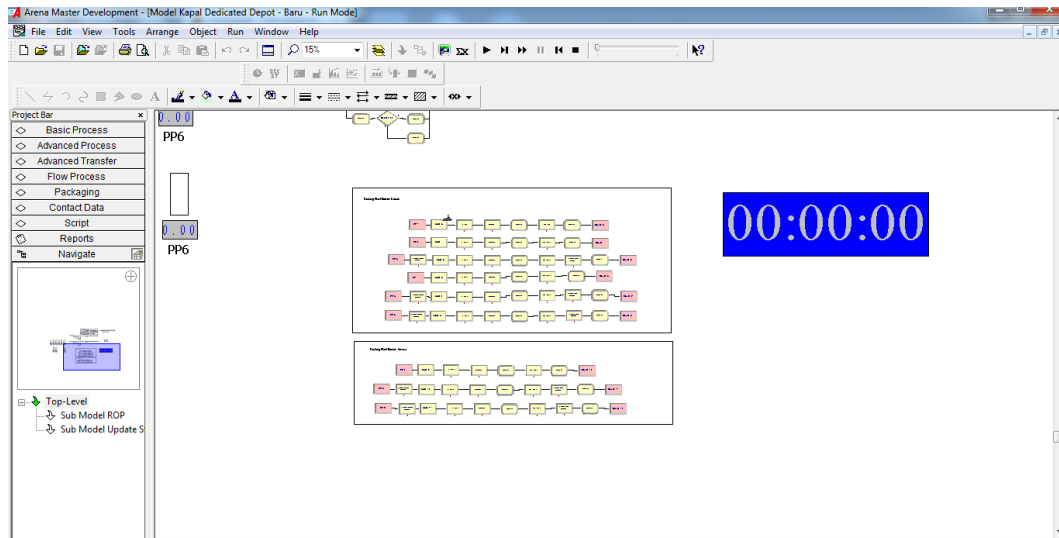


Gambar 4.13 Verifikasi Keberangkatan Kapal

Dapat dilihat dari Gambar 4.13 bahwa *packing plant* 6 milik depot 1 dan *packing plant* 3 milik depot 2 membuat sinyal ROP. Dari submodel *packing plant* dapat dilihat bahwa ada kapal yang menunggu pada *packing plant* tersebut. Hal ini menandakan bahwa kapal memang diberangkatkan pada *packing plant* yang memberikan sinyal ROP.

4.5.2.3 Verifikasi Jam Operasional

Jam operasional dari *packing plant* adalah pukul 06.00-18.00, kapal yang datang di luar jam itu akan menunggu. Untuk melihat apakah model sudah memenuhi aturan tersebut maka dilihat pada jam-jam di luar jam operasi. Jika ada kapal yang menunggu pada modul hold maka model sudah sesuai dengan aturan yang ada.



Gambar 4.14 Verifikasi Jam Operasional

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa ada kapal yang menunggu pada modul hold di *packing plant 1* pada saat jam menunjukkan pukul 00.00. Hal ini sesuai dengan aturan yang berlaku yaitu kapal harus menunggu sampai dalam jam operasional agar dapat diproses.

4.6 Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan 2 aturan penugasan kapal dan 36 kombinasi jumlah serta kapasitas kapal. Jumlah keseluruhan dari skenario adalah 72 skenario. Pada setiap skenario akan dicari output berupa *service level* dan biaya per ton dari sistem distribusi.

Proses *running* dilakukan dengan bantuan *process analyzer* yang ada pada Arena. *Process Analyzer* dapat melakukan *running* beberapa 72 skenario sekaligus. Dengan begitu proses eksperimen akan menjadi lebih cepat.

Process Analyzer - [ProjectDedicated Fix.pan]

File Edit View Insert Tools Run Help

Project Items

Disple

Scenarios

Scenario 1

Visibl

Scenario 2

Visibl

Scenario 3

Visibl

Scenario 4

Visibl

Scenario 5

Visibl

Scenario 6

Visibl

Scenario 7

Visibl

Scenario 8

Visibl

Scenario 9

Visibl

Scenario 10

Visibl

Scenario 11

Visibl

Scenario 12

Visibl

Scenario 13

Visibl

Scenario 14

Visibl

Scenario 15

Visibl

Scenario 16

Visibl

Scenario 17

Visibl

Scenario 18

Visibl

Scenario 19

Visibl

Scenario Properties					Controls				
S	Name	Program File	Reps	Jumlah Kapal Tuban	Kapal A Tuban	Kapal B Tuban	Kapal C Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	
1	Scenario 1	71 : Model K	5	5.0000	5.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
2	Scenario 2	71 : Model K	5	6.0000	6.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
3	Scenario 3	71 : Model K	5	7.0000	7.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
4	Scenario 4	71 : Model K	5	8.0000	8.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
5	Scenario 5	71 : Model K	5	6.0000	6.0000	0.0000	0.0000	5.0000	
6	Scenario 6	71 : Model K	5	7.0000	7.0000	0.0000	0.0000	5.0000	
7	Scenario 7	71 : Model K	5	6.0000	6.0000	0.0000	0.0000	6.0000	
8	Scenario 8	71 : Model K	5	5.0000	0.0000	5.0000	0.0000	4.0000	
9	Scenario 9	71 : Model K	5	6.0000	0.0000	6.0000	0.0000	4.0000	
10	Scenario 10	71 : Model K	5	7.0000	0.0000	7.0000	0.0000	4.0000	
11	Scenario 11	71 : Model K	5	6.0000	0.0000	6.0000	0.0000	5.0000	
12	Scenario 12	71 : Model K	5	7.0000	0.0000	7.0000	0.0000	5.0000	
13	Scenario 13	71 : Model K	5	5.0000	0.0000	0.0000	5.0000	4.0000	
14	Scenario 14	71 : Model K	5	6.0000	0.0000	0.0000	6.0000	4.0000	
15	Scenario 15	71 : Model K	5	7.0000	0.0000	0.0000	7.0000	4.0000	
16	Scenario 16	71 : Model K	5	6.0000	0.0000	0.0000	6.0000	5.0000	
17	Scenario 17	71 : Model K	5	7.0000	0.0000	0.0000	7.0000	6.0000	
18	Scenario 18	71 : Model K	5	6.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000	
19	Scenario 19	71 : Model K	5	7.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
20	Scenario 20	71 : Model K	5	8.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.0000	
21	Scenario 21	71 : Model Ka	5	8.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.0000	

Project

Status

A NUM

Gambar 4.15 *Process Analyzer*

4.6.1 Output Simulasi

Output simulasi dari 36 kombinasi jumlah serta kapasitas kapal (SK) dan 2 aturan penugasan (AP) ditunjukkan pada Tabel 4.5. Pada Tabel 4.5 menampilkan biaya per ton (CPT) dan *service level* (SL) rata-rata dari 5 replikasi untuk setiap skenario. Data hasil *running* model secara lengkap sejumlah 5 replikasi dapat dilihat pada Lampiran D.

Tabel 4.6 Output Simulasi

SK	AP 1		AP 2	
	CPT	SL	CPT	SL
1	104,836	0.995	104,107	0.990
2	108,586	0.997	107,835	0.993
3	112,406	0.997	111,645	0.994
4	108,605	0.997	107,835	0.993
5	112,328	0.999	111,629	0.994
6	116,173	0.999	115,341	0.998
7	112,477	0.998	111,748	0.994
8	116,184	0.999	115,574	0.993
9	119,875	0.998	119,237	0.999
10	102,084	0.982	101,239	0.981
11	106,469	0.988	105,651	0.989
12	111,181	0.987	110,152	0.994
13	106,361	0.994	105,746	0.998
14	110,930	0.993	110,130	0.994
15	115,425	0.995	114,701	0.995
16	111,005	0.991	110,263	0.999
17	115,541	0.994	114,812	0.995
18	120,050	0.994	119,345	0.994
19	103,461	0.966	102,470	0.980
20	108,926	0.983	108,019	0.990
21	114,780	0.981	113,648	0.992
22	108,656	0.991	107,970	0.996
23	114,386	0.994	113,800	0.993
24	120,037	0.994	119,275	0.995
25	114,442	0.996	113,762	0.994
26	119,983	0.995	119,305	0.995
27	125,669	0.997	124,926	0.995
28	103,950	0.737	101,015	0.798
29	107,420	0.893	105,349	0.937
30	115,835	0.894	112,301	0.969
31	109,391	0.853	105,683	0.933
32	113,100	0.970	112,344	0.974
33	120,520	0.981	119,537	0.984
34	116,570	0.884	112,598	0.969
35	120,269	0.989	119,737	0.984
36	127,778	0.987	127,162	0.985

4.6.2 Uji Signifikansi

Uji signifikansi dilakukan untuk mengetahui apakah faktor aturan penugasan dan jumlah serta kapasitas kapal mempengaruhi output secara signifikan. Uji signifikansi dilakukan dengan ANOVA two way pada 2 output simulasi, yaitu *service level* dan biaya per ton. Hasil dari ANOVA untuk masing-masing ukuran performansi dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Tabel ANOVA Untuk Biaya Per Ton

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Sample	109961876	1	1E+08	1256.496	5E-107	3.87395
Columns	1.354E+10	35	4E+08	4422.066	0	1.46416
Interaction	73490281	35	2E+06	23.9928	4E-66	1.46416
Within	25204227	288	87515			
Total	1.375E+10	359				

Tabel 4.8 Tabel ANOVA Untuk *Service Level*

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Sample	0.010	1	9.60E-03	794.6381	8.42E-85	3.87395
Columns	0.671	35	1.92E-02	1586.979	4.61E-308	1.46416
Interaction	0.054	35	1.56E-03	128.7898	5.88E-155	1.46416
Within	0.003	288	1.21E-05			
Total	0.739	359				

Hasil ANOVA untuk biaya per ton maupun *service level* menghasilkan hasil yang sama. Aturan penugasan dan jumlah serta kapasitas kapal mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap biaya per ton dan *service level*. Pengaruh yang cukup signifikan dibuktikan dengan nilai F pada tabel ANOVA mempunyai nilai yang lebih tinggi dari F Crit baik di biaya per ton ataupun *service level*.

BAB 5

ANALISIS MODEL SIMULASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa model simulasi yang dihasilkan oleh model. Pada analisis ini akan dibandingkan mengenai skenario aturan penugasan yang ada untuk mencapai sistem distribusi yang lebih baik.

5.1 Analisis Skenario Kapal Terbaik

Skenario terbaik akan dievaluasi untuk setiap aturan penugasan dan kapasitas kapal yang ada. Evaluasi skenario terbaik akan menghasilkan kombinasi jumlah kapal terbaik pada masing-masing kapasitas. Dari Tabel 4.5 diketahui biaya per ton serta *service level* yang dihasilkan untuk semua skenario kapal. Dengan menerapkan batas penerimaan *service level* 98% diketahui skenario kapal yang dapat diterima untuk masing-masing kapasitas.

Tabel 5.1 Skenario Kapal yang memenuhi *Service Level* Pada Aturan Penugasan 1

Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level	Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level
5000	1	0.995	6000	10	0.982
	2	0.997		11	0.988
	3	0.997		12	0.987
	4	0.997		13	0.994
	5	0.999		14	0.993
	6	0.999		15	0.995
	7	0.998		16	0.991
	8	0.999		17	0.994
	9	0.998		18	0.994
Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level	Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level
7500	20	0.983	10000	33	0.981
	21	0.981		35	0.989
	22	0.991		36	0.987
	23	0.994			
	24	0.994			
	25	0.996			
	26	0.995			
	27	0.997			

Tabel 5.2 Skenario Kapal yang memenuhi *Service Level* Pada Aturan Penugasan 2

	Skenario Kapal	Service Level	Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level
5000	1	0.990	6000	10	0.981
	2	0.993		11	0.989
	3	0.994		12	0.994
	4	0.993		13	0.998
	5	0.994		14	0.994
	6	0.998		15	0.995
	7	0.994		16	0.999
	8	0.993		17	0.995
	9	0.999		18	0.994
Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level	Kapasitas Kapal	Skenario Kapal	Service Level
7500	20	0.990	10000	33	0.984
	21	0.992		35	0.984
	22	0.996		36	0.985
	23	0.993			
	24	0.995			
	25	0.994			
	26	0.995			
	27	0.995			

Skenario Kapal di tiap kapasitas yang memenuhi *service level* selanjutnya akan dievaluasi berdasarkan biaya per ton. Skenario dengan biaya per ton paling kecil akan menjadi skenario terbaik. Skenario terbaik pada masing-masing kapasitas kapal adalah sebagai berikut.

Tabel 5.3 Skenario Kapal Terbaik Aturan Penugasan 1

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	5	3	104,836	278,507,317,600
6000	4	2	102,084	271,196,354,400
7500	4	2	108,656	288,655,529,600
10000	3	3	120,520	320,173,432,000

Tabel 5.4 Skenario Kapal Terbaik Aturan Penugasan 2

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	5	3	104,107	276,570,656,200
6000	4	2	101,239	268,951,527,400
7500	4	2	107,970	286,833,102,000
10000	3	3	119,537	317,561,994,200

Aturan penugasan 2 memberikan hasil yang lebih baik dari pada aturan penugasan 1. Tabel 5.3 dan 5.4 menunjukkan bahwa aturan penugasan 2 memberikan biaya yang lebih kecil untuk semua kapasitas kapal. Dari Tabel 5.3 dan 5.4 dapat dilihat pula bahwa skenario terbaik adalah menggunakan kapal 6000 DWT dengan jumlah kapal 6 dan menggunakan aturan penugasan 2.

5.2 Pengaruh Peningkatan Daily of Take Pada Sistem

Keputusan penentuan jumlah dan kapasitas kapal sangat dipengaruhi oleh *daily of take* (DOT) dari masing-masing *packing plant*. Tanpa mengubah konfigurasi lain selain DOT, ROP, rate semen di depot dan skenario jumlah kapal model akan dijalankan. DOT *packing plant* dan rete semen yang masuk ke depot akan dibuat menjadi 1.5 kali lebih besar dari semula. Perubahan DOT, ROP dan skenario kapal dapat dilihat pada tabel 5.5 dan 5.6.

Tabel 5.5 Perubahan DOT dan ROP

Packing Plant	DOT	Standar Deviasi DOT	RTD	Safety Stock	ROP
Banyuwangi	1437	44.5	5	163.19	7348.19
Celukan Bawang	1395	60.5	5	221.86	7196.86
Banjarmasin	1384.5	71.8	5	263.30	7185.80
Balik Papan	1081.5	61.4	6	246.65	6735.65
Pontianak	1248	47.2	6	189.61	7677.61
Samarinda	1219.5	57.8	7	250.80	8787.30
Celukan Bawang 2	1395	60.5	6	243.04	8613.04
Banjarmasin 2	1384.5	71.8	6	288.43	8595.43
Samarinda 2	1219.5	57.8	7	250.80	8787.30

Tabel 5.6 Perubahan Skenario Dasar Kapal

Skenario Dasar	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa
Skenario Kapal 5000 DWT	9	6
Skenario Kapal 6000 DWT	8	5
Skenario Kapal 7500 DWT	6	4
Skenario Kapal 10000 DWT	5	3

Hasil dari skenario kapal terbaik tiap kapasitas setelah perubahan dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8. Aturan penugasan 1 memberikan *service level* yang tidak mampu memenuhi 98% pada semua kombinasi kapasitas dan jumlah kapal yang dikembangkan. Skenario terbaik yang ditampilkan pada tabel 5.7 adalah kombinasi jumlah kapal yang menghasilkan *service level* paling tinggi. Aturan penugasan 2 memberikan *service level* yang mampu mencapai 98% kecuali pada kapasitas 10000 DWT. Dapat dilihat bahwa aturan penugasan 2 mampu memberikan hasil yang lebih baik pada kondisi DOT lebih besar.

Tabel 5.7 Skenario Kapal Terbaik Setelah Perubahan DOT Aturan Penugasan 1

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Ton (Rp)
5000	10	7	118,689	0.977	462,085,628,790
6000	9	6	120,698	0.9786	470,676,713,752
7500	7	5	120,879	0.9758	470,033,811,504
10000	6	4	125,950	0.954	478,810,839,870

Tabel 5.8 Skenario Kapal Terbaik Setelah Perubahan DOT Aturan Penugasan 2

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Ton (Rp)
5000	8	5	109,080	0.9962	433,021,135,010
6000	7	4	107,101	0.9962	425,164,985,155
7500	5	4	107,833	0.9968	428,328,669,791
10000	6	4	124,559	0.9654	479,181,270,595

Skenario terbaik pada kondisi DOT dinaikan adalah dengan menggunakan kapal kapasitas 6000 DWT dengan jumlah 11 dan menggunakan aturan penugasan 2. Skenario terbaik ini menghasilkan biaya per ton sebesar Rp 107.101,-.

Aturan penugasan 2 bekerja lebih baik jika dibandingkan dengan aturan penugasan 1. Pada kapasitas kapal yang sama aturan penugasan 2 memberikan *service level* yang lebih baik dan membutuhkan kapal yang lebih sedikit. Hal ini membuat biaya per ton yang dikeluarkan aturan penugasan 2 menjadi lebih murah.

5.3 Analisis Perbandingan Aturan Penugasan Kapal

Melalui pengujian model telah didapatkan hasil pada masing-masing aturan penugasan. Pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa aturan penugasan 1 dan aturan penugasan 2 memberikan *service level* yang hampir sama pada kondisi DOT yang rendah. Perbedaan performansi yang signifikan hanya ditunjukkan pada biaya per ton, di mana aturan penugasan 2 memiliki biaya yang lebih murah daripada aturan penugasan 2.

Perbedaan signifikan antar aturan penugasan terlihat ketika DOT dinaikan menjadi 1,5 kali. Aturan penugasan 1 tidak mampu memberikan *service level* di atas 98% dengan jumlah kapal yang dikembangkan melalui pendekatan analitis, sedangkan aturan penugasan 2 memberikan *service level* di atas 98%.

Aturan penugasan 2 mampu memberikan performansi yang lebih baik karena berfokus pada pencarian rute kapal yang paling dekat. Dengan rute yang lebih dekat biaya operasional kapal akan menjadi lebih murah. Selain dari segi biaya, keunggulan lainnya adalah kapal bisa lebih fleksibel berpindah dari satu depot ke depot lainnya. Fleksibilitas ini membuat aturan penugasan 2 lebih mampu mengakomodasi *intercompany-sales* yang terjadi. Ketika terjadi *intercompany-sales* maka kapal akan berpindah menuju depot yang akan melakukan pengiriman.

Tabel 5.9 Perbandingan aturan penugasan

Aturan Penugasan Kapal	Karakteristik
Kembali ke depot Asal	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak efisien untuk perubahan rute mendadak pada <i>intercompany-sales</i> • Waktu operasional kapal lebih lama • Dapat bekerja baik hanya jika diterapkan ketika DOT tidak terlalu besar dan kapasitas kapal kecil
Mencari depot dengan jarak terdekat	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan kapal lebih fleksibel sehingga mampu mengakomodasi <i>intercompany-sales</i> dengan baik • Waktu operasional kapal lebih rendah • Fleksibilitas kapal tinggi

Penerapan aturan penugasan 2 akan berjalan dengan optimal jika penerapan *holding company* sudah berjalan secara total. Perusahaan *holding* yang memegang keputusan penentuan serta penugasan kapal. Kondisi eksisting yang terjadi pada SMI saat ini *holding company* masih belum terlalu ikut campur pada keputusan anak perusahaan. Pada kondisi demikian, penerapan aturan penugasan 2 akan sulit untuk dilakukan karena masing-masing anak perusahaan hanya akan berusaha meminimalisir biaya distribusi masing-masing. Padahal minimalisir biaya secara terpisah pada masing-masing anak perusahaan belum tentu memberikan biaya yang paling minimal secara *holding*.

SMI berencana mengembangkan SMI ke arah *holding* yang lebih penuh dimana anak perusahaan hanya bertugas sebagai produsen semen. Dengan demikian penerapan aturan penugasan 2 akan lebih feasible karena keputusan akan ada seluruhnya di tangan *holding company*. Minimasi biaya juga bisa dilakukan secara keseluruhan *holding*, bukan lagi secara parsial.

5.4 Pengaruh *Clustering Packing Plant* Terhadap Biaya Pengiriman

5.4.1 *Clustering Berdasarkan Jarak*

Sistem eksisting mempunyai konfigurasi 6 *packing plant* milik Semen Gresik dan 3 *packing plant* milik Semen Tonasa. Namun pada kenyataannya tidak semua *packing plant* Semen Gresik lebih dekat ke Tuban namun terdapat *packing plant* yang lebih dekat ke Biringkassi.

Tabel 5.10 Kedekatan *Packing Plant* dengan Depot

<i>Packing Plant</i>	<i>Supplier Packing Plant</i>	Depot Terdekat
Banyuwangi	SG	Tuban
Celukan Bawang		Tuban
Banjarmasin		Tuban
Balik Papan		Biringkassi
Pontianak		Tuban
Samarinda		Biringkassi
Celukan Bawang 2	ST	Tuban
Banjarmasin 2		Tuban
Samarinda 2		Biringkassi

Biaya operasional akan lebih murah jika perjalanan kapal lebih pendek. Minimasi jarak perjalanan kapal dapat dicapai dengan melakukan *clustering* pada *packing plant*. *Clustering* dilakukan menggunakan jarak *packing plant*. Pengiriman tidak lagi berdasarkan siapa pemilik *packing plant* namun berdasarkan jarak terdekat. Sehingga *supplier packing plant* akan berubah seperti yang ditunjukkan Tabel 5.11.

Tabel 5.11 *Clustering Packing Plant*

<i>Packing Plant</i>	<i>Supplier Packing Plant</i>
Banyuwangi	SG
Celukan Bawang	
Celukan Bawang	
Banjarmasin	
Banjarmasin	
Pontianak	
Balik Papan	ST
Samarinda	
Samarinda	

Klaster pengiriman menggunakan jarak terdekat membuat aturan penugasan pertama ataupun kedua memberikan hasil yang sama. Hal ini dikarenakan jarak terdekat menuju depot di setiap *packing plant* akan sama dengan depot asal pengiriman.

Tabel 5.12 Skenario Kapal Terbaik *Clustering Packing Plant*

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	5	3	103,118	0.9922	273,943,278,800
6000	4	2	100,189	0.991	266,162,097,400
7500	3	2	106,909	0.9952	284,014,449,400
10000	3	2	110,927	0.9856	294,688,668,200

Tabel 5.12 merupakan skenario terbaik dengan menggunakan *clustering* pada *packing plant*. Biaya yang didapat lebih rendah dibandingkan ketika *supply* dilakukan oleh pemilik *packing plant*. Keunggulan menggunakan *clustering packing plant* ini terlihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Perbandingan Biaya Per Ton

Kapasitas	Biaya Per Ton Aturan Penugasan 1	Biaya Per Ton Aturan Penugasan 2	Biaya Per Ton <i>Clustering</i>
5000	104,836	104,107	103,118
6000	102,084	101,239	100,189
7500	108,656	107,970	106,909
10000	120,520	119,537	110,927

Clustering packing plant menghasilkan biaya yang lebih murah daripada aturan penugasan 1 maupun 2, dengan kata lain biaya ketika *cluster* jarak diterapkan lebih murah daripada tidak menggunakan *cluster* jarak. Dapat disimpulkan bahwa menerapkan *clustering* menggunakan jarak merupakan salah satu cara yang efektif untuk menurunkan biaya pengiriman. Namun perlu diingat bahwa model dibangun dengan asumsi semua demand dari *packing plant* bisa dicukupi oleh depot. Hal ini menyebabkan *clustering* bisa berjalan dengan baik. Pada kondisi sesungguhnya belum tentu depot mampu mencukupi *packing plant* yang dekat dengan depot tersebut. Maka untuk menerapkan *clustering* ini dibutuhkan tinjauan lebih lanjut untuk pembuatan *cluster* dengan mempertimbangkan juga kemampuan masing-masing depot.

5.4.2 *Clustering* Berdasarkan Rencana Strategi Distribusi

Rencana strategi distribusi SMI pada jangka panjang adalah menggunakan Semen Gresik hanya untuk memasok daerah Jawa. Rencana tersebut dikarenakan demand di Jawa yang semakin tinggi dan batu kapur di Jawa yang semakin habis. Keputusan ini membuat *packing plant* daerah Kalimantan akan disuplai oleh Semen Tonasa. Rencana strategi ini dapat digunakan sebagai pertimbangan *clustering*. Model akan digunakan untuk mencari jumlah kapal dan kapasitas yang optimal jika digunakan klaster berdasarkan rencana strategi distribusi tersebut.

Tabel 5.14 Clustering Packing Plant Berdasarkan Rencana Distribusi SMI

Packing Plant	Supplier Packing Plant
Banyuwangi	SG
Celukan Bawang	
Celukan Bawang2	
Banjarmasin	ST
Banjarmasin2	
Pontianak	
Balik Papan	
Samarinda	
Samarinda2	

Cluster dibuat seperti Tabel 5.14, seluruh *packing plant* akan disuplai oleh Semen Tonasa, sedangkan daerah Jawa akan disuplai oleh Semen Gresik. *Packing plant* Bali (Celukan Bawang) akan tetap disuplai oleh Semen Gresik.

Tabel 5.15 Skenario Kapal Terbaik Tiap Kapasitas *Cluster* Baru

Kapasitas Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton	Service Level	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	3	5	104,571	0.9926	277,803,318,600
6000	2	4	101,507	0.9886	269,663,496,200
7500	2	4	108,432	0.993	288,060,451,200
10000	2	4	120,231	0.9882	319,405,674,600

Skenario terbaik pada penerapan *cluster* baru adalah menggunakan kapasitas kapal 6000 DWT dengan konfigurasi 2 kapal Tuban dan 4 kapal Tonasa. Biaya yang dihasilkan oleh *cluster* baru ini memang lebih mahal disbanding *cluster* sebelumnya yang menggunakan jarak. Namun perlu diingat bahwa penerapan *cluster* baru ini lebih *feasible* dibandingkan dengan *cluster* jarak. *Cluster* lebih *feasible* untuk diterapkan karena sesuai dengan rencana distribusi yang memperhatikan kemampuan dari masing-masing depot.

5.5 Pengaruh Jam Operasional Terhadap Biaya Pengiriman

Pada sistem eksisting jam operasional pada dermaga adalah 12 jam kerja. Hal ini membuat kapal yang sampai di dermaga di luar jam operasional akan menunggu terlebih dahulu. Dengan membuat jam operasional menjadi 24 jam kapal tidak perlu lagi menunggu sehingga *cycle time* pengiriman menjadi lebih cepat. Dengan *cycle time* yang lebih cepat maka biaya juga akan menjadi rendah.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan aturan penugasan 2 dan DOT yang sama dengan kondisi eksisting. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan kondisi ketika diterapkan 12 jam kerja.

Tabel 5.16 Perbandingan Jam Operasional

24 Jam Kerja					
Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	4	3	100,194	0.9996	266,175,380,400
6000	4	2	100,777	0.9992	267,724,178,200
7500	3	2	104,134	0.993	276,642,384,400
10000	3	2	114,715	0.9814	304,751,869,000
12 Jam Kerja					
Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	5	3	104,107	0.9904	276,570,656,200
6000	4	2	101,239	0.981	268,951,527,400
7500	4	2	107,970	0.9964	286,833,102,000
10000	3	3	119,537	0.984	317,561,994,200

Perubahan jam operasional menjadi 24 jam membuat biaya pengiriman menjadi lebih rendah. Namun perlu diingat bahwa biaya pengiriman yang diakomodasi di sini hanya biaya kapal. Biaya operasional di dermaga tidak diperhitungkan. Pada pemilihan penerapan jam operasional perlu dilihat apakah penghematan yang didapat lebih besar daripada kenaikan biaya operasional yang dibutuhkan untuk menerapkan 24 jam kerja.

5.6 Pengaruh Kapasitas Silo Terhadap Pemilihan Kapal

Kapal dengan kapasitas 10000 DWT memberikan performansi yang kurang memuaskan. Pada kondisi DOT awal, kapal 10000 DWT memberikan biaya per ton paling untuk memnuhi *service level* jika dibandingkan dengan kapasitas lain yang lebih kecil. Ketika DOT dinaikan 1,5 kali semula kapal 10000 DWT tidak mampu mencapai *service level* yang diinginkan. *Service level* kapal 10000 DWT hanya mencapai 96,54%, padahal *service level* yang diinginkan adalah 98%.

Kapasitas silo adalah penyebab kurang maksimalnya penggunaan kapal 10000 DWT. Kapasitas silo depot maupun *packing plant* pada model adalah maksimal terisi 11 ribu ton. Hal ini menyebabkan waktu tunggu kapal yang lebih lama terjadi pada kapal 10000 DWT. Untuk membuktikan hal tersebut dilakukan perhitungan waktu tunggu kapal pada skenario terbaik aturan penugasan 2 di kondisi DOT dinaikan 1,5 kali yang ada pada Tabel 5.8. Waktu tunggu kapal pada masing-masing kapasitas kapal ditunjukkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.17 Waktu Tunggu Kapal

Kapasitas Kapal	Idle Time (Hari)	Waktu Tunggu Loading (Hari)	Waktu Tunggu Unloading (Hari)	Waktu Tunggu Total (Hari)
5000	1.54	0.23	0.03	1.80
6000	1.56	0.22	0.07	1.85
7500	1.00	0.22	0.74	1.95
10000	2.63	0.29	1.38	4.30

Kapasitas silo depot maupun *packing plant* akan dirubah menjadi 22 ribu ton untuk mengetahui bagaimana skenario terbaik masing-masing kapasitas berubah jika dibandingkan ketika digunakan kapasitas silo 11 ribu ton. Dilakukan *running model* dengan kondisi DOT dinaikan 1,5 kali dan menggunakan aturan

penugasan 2. Perubahan skenario terbaik pada masing-masing kapasitas ditunjukkan pada Tabel 5.10

Tabel 5.18 Perubahan Skenario Terbaik Tiap Kapasitas

Kapasitas	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton (Rp)	Service Level	Biaya Per Tahun (Rp)
5000	8	5	109,080	0.999	434,064,523,820
6000	7	4	107,101	0.998	425,592,454,789
7500	5	4	107,833	0.992	423,282,229,283
10000	4	2	104,593	0.983	402,086,617,348

Perubahan kapasitas silo membuat *service level* dan biaya per ton pada kapasitas 10000 DWT menjadi lebih baik. Pada kapasitas lainnya yang lebih kecil tidak terdapat perubahan yang signifikan. Biaya per ton yang dihasilkan pada kondisi kapasitas silo 22 ribu ton lebih baik jika dibandingkan kondisi kapasitas silo 11 ribu ton. Pada kondisi kapasitas silo 11 ribu ton skenario terbaik adalah menggunakan kapal 6000 DWT dengan biaya per ton Rp 107.101,-, sedangkan pada kondisi kapasitas silo 22 ribu ton skenario terbaik adalah menggunakan kapal 10000 DWT dengan biaya per ton Rp 104.593,-.

Perubahan kapasitas silo sangat berpengaruh hanya pada kapal 10000 DWT. Dapat disimpulkan bahwa untuk memaksimalkan performansi kapal dengan kapasitas yang besar kapasitas silo harus dibuat lebih besar mengikuti kapasitas kapal tersebut.

5.7 Pemakaian Kapal 20000 DWT

Pada pengujian ini akan dipakai kapal dengan kapasitas 20 ribu DWT. Diasumsikan semua dermaga mampu untuk menerima kapal dengan kapasitas 20 ribu DWT. Silo akan dibuat menyesuaikan kapasitas kapal yaitu sebesar 33 ribu ton. Perubahan kapasitas silo lebih banyak didasarkan pada perubahan DOT yang ada. Ketika DOT naik maka kapasitas silo harus naik untuk mencukupi DOT. Namun perlu diingat bahwa merubah silo di depot berarti menambah pabrik baru untuk mencukupi silo, jika tidak maka perubahan silo depot tidak akan berarti karena rate masuknya semen tidak berubah. Maka dari itu perubahan kapasitas silo

pada saat penggunaan kapal besar hanya dilakukan di *packing plant*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi waktu tunggu kapal ada saat *unloading*.

DOT yang dipakai akan menggunakan nilai DOT yang diperbesar pada Subbab 5.3. Aturan penugasan yang dipakai adalah aturan penugasan 2 karena telah terbukti memberikan hasil yang lebih baik. Kecepatan kapal yang digunakan juga akan berbeda dari sebelumnya, karena kapal dengan kapasitas yang jauh lebih besar biasanya akan lebih lambat. Jumlah kapal yang digunakan akan dihitung kembali dengan pendekatan analitis hingga didapatkan skenario kapal seperti yang terlihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Skenario Jumlah Kapal 20000 DWT

Skenario Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	Biaya Per Ton	Service Level	Total Semen Terdistribusi (Ton)	Total Biaya Per Tahun (Rp)
1	2	1	101,535	0.989	3,930,750	399,108,701,250
2	2	2	110,177	0.992	3,979,800	438,482,424,600
3	2	3	118,357	0.998	3,985,200	471,676,316,400
4	3	1	109,636	0.998	3,989,250	437,365,413,000
5	3	2	118,572	0.993	4,010,400	475,521,148,800
6	3	3	127,077	0.997	4,010,400	509,629,600,800
7	4	1	118,575	0.998	4,020,000	476,671,500,000
8	4	2	127,248	0.999	4,021,500	511,727,832,000
9	4	3	135,908	0.999	4,027,500	547,369,470,000

Skenario terbaik untuk kapal 20000 DWT adalah dengan menggunakan 3 kapal. Skenario ini menghasilkan biaya per ton sebesar Rp 101.535,-, lebih murah dari skenario terbaik ketika hanya digunakan kapal 10000 DWT ke bawah yang mempunyai biaya per ton Rp 104,593,-.

Kapal dengan kapasitas lebih besar tidak hanya menghasilkan biaya yang lebih kecil namun juga dapat memberikan efisiensi yang lebih tinggi. Efisiensi kapal dapat dilihat dari berapa lama kapal diam di pelabuhan tanpa melakukan aktifitas distribusi. Penyebab menggangukannya kapal ada 2, pertama memang belum

waktunya dilakukan pengiriman dan yang kedua kapal menunggu ketersediaan silo dalam bongkar muat. Dengan konfigurasi fasilitas distribusi yang sama, dihasilkan waktu tunggu kapal untuk tiap kapasitas pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Waktu tunggu kapal

Kapasitas Kapal	Idle Time	Waktu Tunggu Loading/Unloading	Waktu Tunggu Kapal Total
5000	1.556	0.224	1.780
6000	1.601	0.220	1.821
7500	1.694	0.194	1.888
10000	0.957	0.158	1.114
20000	0.277	0.171	0.448

Kapal dengan kapasitas 20000 DWT membutuhkan kapasitas silo yang lebih besar. Namun belum diketahui seberapa besar silo yang harus digunakan. Pada pengujian yang ditunjukkan Tabel 5.19 digunakan kapasitas silo sebesar 33000 ton, namun belum diketahui apakah kapasitas silo yang dipakai sudah efisien. Maka dari itu dilakukan perubahan pada kapasitas silo untuk mencari kapasitas silo yang efisien untuk kapal 20000 DWT dengan konfigurasi kapal menggunakan skenario terbaik yang sudah didapat yaitu 3 kapal.

Tabel 5.21 Perubahan Kapasitas Silo Terhadap Service Level

Kapasitas Silo	Service Level
33000	0.9922
30000	0.9924
28000	0.9902
26000	0.9850
24000	0.9534
22000	0.8738

Tabel 5.21 menunjukkan bahwa performansi kapal 20000 DWT akan tetap baik ketika kapasitas silo di atas 26000 ton dengan kondisi DOT sebagaimana Tabel 5.5. Ketika kapasitas silo berada di bawah 26000 ton kapal 20000 DWT akan menghasilkan *service level* yang kurang memuaskan.

Penggunaan kapal dengan kapasitas besar memang memberikan performansi yang lebih baik dari segi biaya dan efisiensi. Namun perlu diingat bahwa penggunaan kapal dengan kapasitas besar membutuhkan investasi pada

fasilitas distribusi lainnya. Investasi tersebut adalah pembangunan silo tambahan, pembangunan dermaga karena pada saat ini tidak semua dermaga mampu menerima kapal besar, dan juga investasi pada fasilitas bongkar muat. Penggunaan kapal dengan kapasitas besar layak untuk digunakan jika *saving* dari biaya distribusi per ton semen lebih tinggi dari biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk membangun fasilitas.

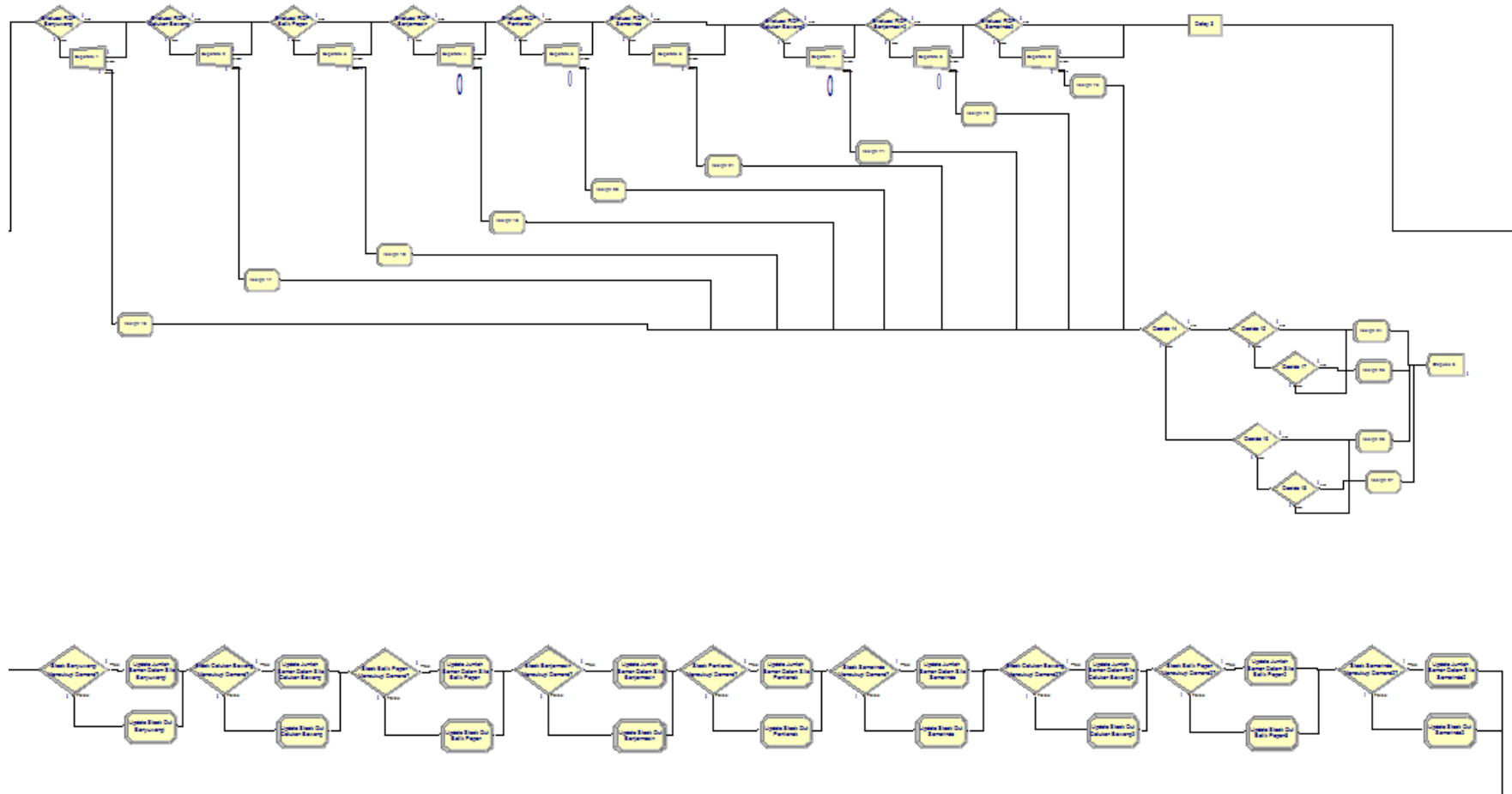
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran A : Skenario Kapal

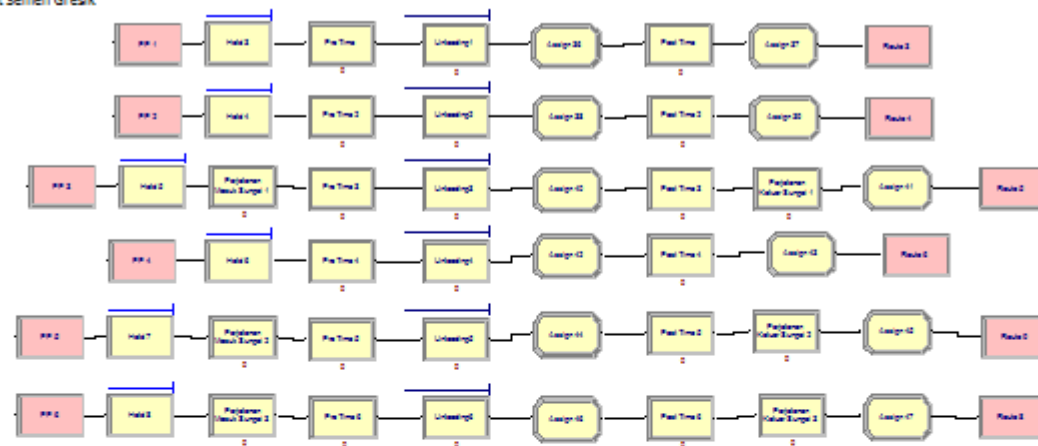
Skenario Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tuban				Jumlah Kapal Tonasa	Jumlah Kapal Tonasa			
		5000	6000	7500	10000		5000	6000	7500	10000
1	5	5	0	0	0	3	3	0	0	0
2	5	5	0	0	0	4	4	0	0	0
3	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0
4	6	6	0	0	0	3	3	0	0	0
5	6	6	0	0	0	4	4	0	0	0
6	6	6	0	0	0	5	5	0	0	0
7	7	7	0	0	0	3	3	0	0	0
8	7	7	0	0	0	4	4	0	0	0
9	7	7	0	0	0	5	5	0	0	0
10	4	0	4	0	0	2	0	2	0	0
11	4	0	4	0	0	3	0	3	0	0
12	4	0	4	0	0	4	0	4	0	0
13	5	0	5	0	0	2	0	2	0	0
14	5	0	5	0	0	3	0	3	0	0
15	5	0	5	0	0	4	0	4	0	0
16	6	0	6	0	0	2	0	2	0	0
17	6	0	6	0	0	3	0	3	0	0
18	6	0	6	0	0	4	0	4	0	0
19	3	0	0	3	0	2	0	0	2	0
20	3	0	0	3	0	3	0	0	3	0
21	3	0	0	3	0	4	0	0	4	0
22	4	0	0	4	0	2	0	0	2	0
23	4	0	0	4	0	3	0	0	3	0
24	4	0	0	4	0	4	0	0	4	0
25	5	0	0	5	0	2	0	0	2	0
26	5	0	0	5	0	3	0	0	3	0
27	5	0	0	5	0	4	0	0	4	0
28	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1
29	2	0	0	0	2	2	0	0	0	2
30	2	0	0	0	2	3	0	0	0	3
31	3	0	0	0	3	1	0	0	0	1
32	3	0	0	0	3	2	0	0	0	2
33	3	0	0	0	3	3	0	0	0	3
34	4	0	0	0	4	1	0	0	0	1
35	4	0	0	0	4	2	0	0	0	2
36	4	0	0	0	4	3	0	0	0	3

LAMPIRAN B : Model Simulasi

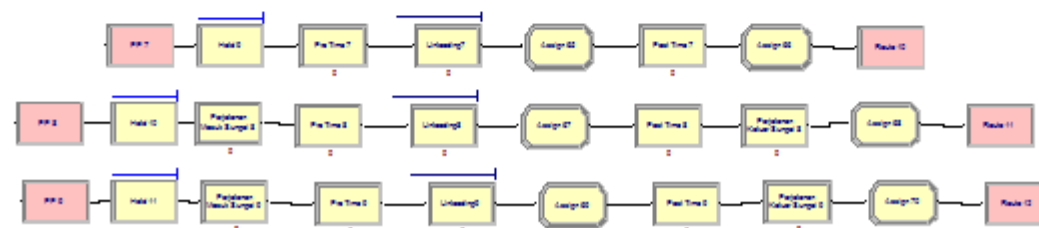




Packing Plant Semen Gresik



Packing Plant Semen Tonasa



Lampiran C : Simulasi Manual

Kapal		Menuju		T		958		930		923		721		832		813		930		923		813	
1	2	1	2	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
6	3	0	0	1		11000		11000		11000		11000		11000		11000		11000		11000		11000	
				2		10042		10070		10077		10279		10168		10187		10070		10077		10187	
				3		9084		9140		9154		9558		9336		9374		9140		9154		9374	
				4		8126		8210		8231		8837		8504		8561		8210		8231		8561	
				5		7168		7280		7308		8116		7672		7748		7280		7308		7748	
				6		6210		6350		6385		7395		6840		6935		6350		6385		6935	
6	1			7		5252		5420		5462		6674		6008		6122	2	5420	2	5462		6122	
1	0			8	1	4294		4490	1	4539		5953	1	5176	1	5309		4490		4539		5309	2
				9		3336		3560		3616		5232		4344		4496		3560		3616		4496	
0	0			10		2378		2630		2693	1	4511		3512		3683		2630		2693		3683	
				11		1420		1700		1770		3790		2680		2870		1700		1770		2870	
		3	2	12		10462	1	10770	1	10847	2	3069		1848		2057		10770	1	10847	2	2057	
		5	3	13		9504		9840		9924		2348		11016	1	11244	1	9840		9924		11244	2
				14		8546		8910		9001		1627		10184		10431		8910		9001		10431	
0	0	6	3	15		7588		7980		8078		10906	1	9352		9618		7980		8078		9618	
3	1	3	2	16		6630	1	7050	1	7155	2	10185		8520		8805		7050	1	7155		8805	
3	2	3	1	17		5672		6120		6232		9464		7688		7992		6120		6232	2	7992	
3	1	1	0	18	1	4714		5190		5309		8743		6856	1	7179	1	5190	2	5309		7179	2
1	1	1	0	19		3756		4260	1	4386		8022		6024		6366		4260		4386		6366	
1	0	0	0	20		2798		3330		3463		7301	1	5192		5553	1	3330		3463		5553	2
0	0	0	0	21		1840		2400		2540		6580		4360	1	4740		2400		2540		4740	
		1	0	22		10882	1	1470		1617		5859		3528		3927		1470		1617		3927	
		3	2	23		9924		10540	1	10694	2	5138		2696		3114		10540	1	10694	2	3114	
				24		8966		9610		9771		4417		1864		2301		9610		9771		2301	
				25		8008		8680		8848		3696		1032		1488		8680		8848		1488	
				26		7050		7750		7925		2975		10200		10675		7750		7925		10675	
				27		6092		6820		7002		2254		9368		9862		6820		7002		9862	
				28		5134		5890		6079		1533		8536		9049		5890		6079		9049	
				29		4176		4960		5156		812		7704		8236		4960		5156		8236	
				30		3218		4030		4233		91		6872		7423		4030		4233		7423	
				31		2260		3100		3310		0		6040		6610		3100		3310		6610	

Lampiran D : Output Simulasi Eksisting

Skenario Kapal	Aturan Penugasan 1									
	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	109,458	109,890	109,472	110,093	109,688	0.996	0.995	0.997	0.995	0.994
2	113,225	113,738	113,657	113,535	113,927	0.996	1	0.998	0.995	0.995
3	117,005	117,356	117,410	117,288	118,071	0.992	0.998	0.997	0.998	0.998
4	113,603	113,832	113,859	113,981	113,940	0.996	0.995	1	0.998	0.997
5	117,221	117,720	117,626	117,423	117,774	0.998	0.998	0.999	0.999	1
6	120,839	121,190	121,365	121,811	121,946	1	0.999	0.999	0.998	0.999
7	117,369	117,612	118,152	117,666	117,747	0.998	0.999	0.995	0.999	0.997
8	120,974	121,527	121,703	121,622	121,581	0.999	0.997	1	1	1
9	124,794	125,523	125,253	125,348	125,294	0.999	0.998	0.998	0.998	0.999
10	106,610	106,880	106,974	107,028	106,974	0.982	0.983	0.98	0.982	0.982
11	111,159	111,443	111,254	111,335	111,213	0.986	0.988	0.986	0.99	0.988
12	115,871	115,925	116,424	116,411	115,952	0.991	0.988	0.982	0.982	0.99
13	111,308	111,510	111,443	111,740	111,497	0.998	0.991	0.991	0.991	0.997
14	116,073	116,073	115,925	116,073	116,492	0.995	0.992	0.992	0.995	0.992
15	120,245	120,420	120,771	120,663	121,055	0.995	0.995	0.997	0.994	0.994
16	115,871	116,667	116,262	116,384	116,505	0.994	0.984	0.993	0.991	0.995
17	120,555	120,731	121,041	120,555	121,365	0.993	0.993	0.994	0.994	0.995
18	125,226	125,456	125,564	125,631	125,618	0.995	0.993	0.993	0.993	0.994
19	108,297	108,635	108,189	108,459	108,068	0.957	0.968	0.97	0.963	0.972
20	114,075	114,264	114,102	114,480	114,305	0.98	0.987	0.986	0.981	0.981
21	119,840	120,420	119,624	120,852	120,353	0.973	0.979	0.99	0.978	0.985
22	113,468	114,129	113,940	113,967	113,684	0.99	0.988	0.988	0.992	0.995
23	119,192	120,123	119,354	119,678	119,799	0.991	0.993	0.996	0.995	0.995
24	124,956	125,456	125,159	125,699	125,550	0.992	0.996	0.995	0.993	0.995
25	120,218	120,083	120,096	120,407	119,948	0.988	0.998	0.997	0.999	0.997
26	124,619	126,482	125,253	125,645	125,510	0.995	0.993	0.996	0.995	0.996
27	130,464	131,868	131,058	131,423	131,288	0.997	0.996	0.997	0.996	0.997
28	110,403	110,592	110,849	110,511	110,862	0.738	0.735	0.731	0.746	0.736
29	114,521	114,737	114,278	114,264	114,413	0.881	0.891	0.901	0.899	0.893
30	124,902	124,956	124,268	124,767	124,511	0.879	0.892	0.9	0.899	0.898
31	117,005	118,233	117,747	117,356	117,221	0.854	0.85	0.847	0.855	0.858
32	121,676	122,162	122,310	122,607	122,580	0.97	0.974	0.971	0.964	0.969
33	128,561	129,020	129,546	128,628	128,993	0.976	0.981	0.981	0.983	0.983
34	123,174	124,862	123,822	124,970	124,511	0.895	0.88	0.893	0.87	0.882
35	130,181	130,275	130,505	130,208	130,154	0.984	0.993	0.985	0.989	0.992
36	136,755	136,607	136,593	137,106	136,566	0.982	0.987	0.988	0.991	0.988

Skenario Kapal	Aturan Penugasan 2									
	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	103,991	103,896	104,220	104,180	104,247	0.991	0.991	0.992	0.99	0.988
2	107,501	107,933	107,946	107,865	107,933	0.994	0.991	0.993	0.993	0.994
3	111,362	111,564	111,875	111,659	111,767	0.994	0.995	0.991	0.994	0.996
4	107,730	107,838	107,771	108,014	107,825	0.993	0.995	0.994	0.991	0.993
5	111,200	111,726	111,672	111,821	111,726	0.995	0.995	0.993	0.994	0.993
6	114,980	115,398	115,290	115,533	115,506	0.999	0.998	0.999	0.998	0.998
7	111,497	111,726	111,753	111,834	111,929	0.993	0.993	0.995	0.993	0.995
8	115,128	115,871	115,533	115,533	115,803	0.994	0.993	0.991	0.994	0.993
9	118,733	119,219	119,367	119,408	119,462	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999
10	100,886	101,129	101,291	101,385	101,507	0.987	0.985	0.978	0.98	0.975
11	105,476	105,543	105,719	105,732	105,786	0.988	0.989	0.993	0.985	0.99
12	109,958	110,120	110,214	110,228	110,241	0.994	0.996	0.992	0.993	0.994
13	105,314	106,083	105,840	105,705	105,786	0.998	0.997	0.998	0.998	0.999
14	109,620	110,336	109,944	110,403	110,349	0.995	0.995	0.995	0.993	0.993
15	114,318	114,845	114,737	114,831	114,777	0.995	0.996	0.993	0.995	0.996
16	110,079	110,363	110,295	110,039	110,538	0.998	0.999	0.998	1	0.999
17	114,345	114,750	114,804	114,818	115,344	0.995	0.995	0.995	0.996	0.992
18	118,733	119,421	119,637	119,354	119,583	0.995	0.993	0.995	0.993	0.995
19	102,317	102,398	102,303	102,654	102,681	0.975	0.982	0.981	0.978	0.982
20	107,838	107,919	108,378	108,041	107,919	0.985	0.993	0.988	0.992	0.992
21	113,063	113,981	113,859	113,738	113,603	0.992	0.992	0.994	0.993	0.991
22	107,622	107,906	108,203	108,014	108,108	0.995	0.998	0.995	0.996	0.998
23	113,792	114,008	113,630	113,846	113,724	0.989	0.993	0.995	0.992	0.995
24	118,692	119,300	119,273	119,691	119,421	0.996	0.997	0.995	0.992	0.995
25	113,333	113,886	113,873	113,738	113,981	0.993	0.997	0.994	0.995	0.993
26	118,652	119,516	119,246	119,691	119,421	0.993	0.998	0.993	0.996	0.996
27	124,187	124,821	125,132	125,415	125,078	0.996	0.994	0.994	0.997	0.994
28	101,102	100,508	101,480	100,535	101,453	0.795	0.81	0.793	0.805	0.789
29	104,922	105,368	105,503	105,867	105,084	0.939	0.938	0.938	0.926	0.946
30	111,996	112,577	112,131	112,131	112,671	0.972	0.97	0.97	0.97	0.962
31	105,476	105,854	105,341	105,840	105,908	0.928	0.933	0.939	0.933	0.93
32	111,834	112,442	112,145	112,887	112,415	0.977	0.975	0.974	0.968	0.974
33	119,313	119,502	119,529	119,894	119,448	0.982	0.981	0.987	0.984	0.986
34	112,064	112,617	112,833	112,739	112,739	0.975	0.964	0.966	0.97	0.968
35	119,772	119,813	119,583	119,732	119,786	0.981	0.986	0.988	0.985	0.981
36	126,725	127,319	126,968	127,265	127,535	0.979	0.987	0.985	0.988	0.985

Lampiran E : Simulasi Kondisi Kenaikan DOT

Skenario Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal tiap Kapasitas Tuban				Jumlah Kapal Tonasa	Jumlah Kapal tiap Kapasitas Tonasa			
		A	B	C	D		A	B	C	D
1	8	8	0	0	0	5	5	0	0	0
2	8	8	0	0	0	6	6	0	0	0
3	8	8	0	0	0	7	7	0	0	0
4	9	9	0	0	0	5	5	0	0	0
5	9	9	0	0	0	6	6	0	0	0
6	9	9	0	0	0	7	7	0	0	0
7	10	10	0	0	0	5	5	0	0	0
8	10	10	0	0	0	6	6	0	0	0
9	10	10	0	0	0	7	7	0	0	0
10	7	0	7	0	0	4	0	4	0	0
11	7	0	7	0	0	5	0	5	0	0
12	7	0	7	0	0	6	0	6	0	0
13	8	0	8	0	0	4	0	4	0	0
14	8	0	8	0	0	5	0	5	0	0
15	8	0	8	0	0	6	0	6	0	0
16	9	0	9	0	0	4	0	4	0	0
17	9	0	9	0	0	5	0	5	0	0
18	9	0	9	0	0	6	0	6	0	0
19	5	0	0	5	0	3	0	0	3	0
20	5	0	0	5	0	4	0	0	4	0
21	5	0	0	5	0	5	0	0	5	0
22	6	0	0	6	0	3	0	0	3	0
23	6	0	0	6	0	4	0	0	4	0
24	6	0	0	6	0	5	0	0	5	0
25	7	0	0	7	0	3	0	0	3	0
26	7	0	0	7	0	4	0	0	4	0
27	7	0	0	7	0	5	0	0	5	0
28	4	0	0	0	4	2	0	0	0	2
29	4	0	0	0	4	3	0	0	0	3
30	4	0	0	0	4	4	0	0	0	4
31	5	0	0	0	5	2	0	0	0	2
32	5	0	0	0	5	3	0	0	0	3
33	5	0	0	0	5	4	0	0	0	4
34	6	0	0	0	6	2	0	0	0	2
35	6	0	0	0	6	3	0	0	0	3
36	6	0	0	0	6	4	0	0	0	4

Skenario Kapal	Aturan Penugasan 1									
	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	107,676	108,135	107,919	108,041	108,284	0.975	0.975	0.976	0.975	0.973
2	110,390	110,525	110,714	110,592	110,619	0.975	0.975	0.975	0.976	0.975
3	113,225	113,684	113,481	113,535	113,279	0.97	0.966	0.97	0.968	0.964
4	110,417	111,200	110,835	110,943	110,849	0.969	0.963	0.968	0.965	0.968
5	113,414	113,400	113,562	113,333	113,616	0.966	0.967	0.97	0.97	0.966
6	115,830	116,357	116,127	116,087	116,181	0.966	0.963	0.971	0.967	0.97
7	112,995	113,630	113,778	113,630	113,603	0.969	0.966	0.96	0.965	0.964
8	115,614	116,451	116,033	115,911	115,952	0.97	0.96	0.971	0.97	0.971
9	118,422	118,598	118,773	118,679	118,976	0.976	0.979	0.977	0.978	0.975
10	108,540	108,513	108,824	108,918	108,716	0.966	0.97	0.968	0.967	0.97
11	111,429	111,942	111,672	111,740	111,740	0.972	0.969	0.971	0.971	0.973
12	114,197	114,548	114,764	114,413	114,656	0.979	0.977	0.979	0.98	0.979
13	111,524	111,929	111,956	112,145	111,902	0.969	0.969	0.965	0.966	0.969
14	114,170	114,588	114,615	114,818	114,399	0.977	0.979	0.977	0.98	0.98
15	117,221	117,720	117,720	117,923	117,464	0.98	0.978	0.98	0.975	0.98
16	114,615	115,061	115,101	115,277	115,034	0.969	0.969	0.965	0.966	0.969
17	117,234	117,612	117,518	117,801	117,936	0.977	0.98	0.98	0.98	0.979
18	120,285	120,825	120,812	121,028	120,542	0.98	0.978	0.98	0.975	0.98
19	105,503	105,597	105,543	105,678	105,678	0.962	0.965	0.968	0.966	0.968
20	109,053	109,499	109,283	109,229	109,364	0.972	0.971	0.978	0.973	0.974
21	112,928	113,319	113,279	113,292	113,211	0.974	0.974	0.974	0.975	0.974
22	109,215	109,526	109,337	109,944	109,742	0.966	0.971	0.97	0.966	0.968
23	112,860	113,333	113,225	113,252	113,292	0.976	0.975	0.975	0.976	0.975
24	116,681	116,937	117,126	116,937	117,248	0.977	0.977	0.977	0.978	0.976
25	113,184	113,508	113,603	113,751	113,292	0.967	0.965	0.963	0.963	0.969
26	116,748	117,140	117,126	117,207	117,059	0.971	0.973	0.975	0.975	0.977
27	120,555	120,920	121,028	120,906	120,987	0.977	0.975	0.977	0.973	0.977
28	107,474	107,636	107,271	107,460	107,136	0.879	0.885	0.888	0.893	0.895
29	111,888	111,861	112,320	111,929	112,523	0.906	0.913	0.902	0.906	0.906
30	116,667	116,762	117,153	116,937	116,829	0.923	0.918	0.914	0.925	0.926
31	112,050	112,860	112,469	112,752	112,590	0.907	0.893	0.893	0.896	0.901
32	115,938	116,748	116,478	116,478	116,654	0.938	0.936	0.933	0.931	0.932
33	120,231	121,338	120,677	121,082	121,190	0.955	0.952	0.951	0.948	0.95
34	117,734	117,518	118,004	117,545	118,530	0.898	0.914	0.899	0.914	0.902
35	120,960	121,352	121,608	121,257	122,148	0.941	0.94	0.937	0.94	0.941
36	125,604	126,023	125,942	125,915	126,266	0.956	0.955	0.956	0.957	0.954

Skenario Kapal	Aturan Penugasan 2									
	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	100,224	100,818	99,846	99,374	99,725	0.938	0.925	0.956	0.978	0.963
2	108,999	109,202	109,161	109,040	109,080	0.993	0.996	0.997	0.999	0.996
3	111,321	111,726	111,902	111,510	111,591	0.998	0.996	0.997	0.999	0.997
4	108,810	109,161	109,242	109,175	109,148	0.998	0.998	0.998	0.998	0.996
5	111,537	111,834	111,659	111,645	111,861	0.991	0.996	0.998	0.997	0.995
6	113,832	114,278	114,453	114,278	114,102	0.998	0.996	0.997	0.997	0.999
7	111,335	111,699	111,605	111,942	111,713	0.998	0.998	0.998	0.997	0.996
8	114,008	114,480	114,102	114,237	114,440	0.992	0.996	0.998	0.997	0.994
9	116,357	116,816	117,005	116,829	116,802	0.998	0.996	0.997	0.998	0.996
10	106,988	107,096	107,042	107,244	107,136	0.992	0.997	0.996	0.998	0.998
11	109,904	110,255	110,052	110,241	110,093	0.998	0.994	0.999	0.997	0.998
12	112,901	113,090	113,346	113,292	113,319	0.999	0.995	0.998	0.999	0.999
13	109,958	110,268	110,295	110,268	110,174	0.995	0.994	0.998	0.998	0.997
14	112,955	113,387	113,049	113,414	113,319	0.997	0.998	0.998	0.997	0.998
15	115,803	116,127	116,195	116,249	116,114	0.999	0.997	0.999	0.999	1
16	112,752	113,333	113,225	113,468	113,130	1	0.998	1	0.998	0.999
17	115,817	116,276	116,222	116,330	116,262	1	1	0.999	0.998	1
18	118,814	119,205	119,219	119,421	119,435	0.999	0.998	0.999	1	1
19	104,693	104,261	104,679	104,666	104,517	0.968	0.986	0.979	0.971	0.989
20	107,460	107,798	107,757	108,108	108,041	0.996	0.997	0.998	0.996	0.997
21	111,240	111,645	111,605	111,632	111,888	0.998	0.999	0.997	0.998	0.998
22	107,649	108,284	107,852	107,811	108,135	0.996	0.988	0.996	0.997	0.997
23	111,321	111,564	111,699	111,510	111,821	0.999	1	1	1	0.999
24	115,088	115,385	115,574	115,344	115,560	0.999	1	1	1	1
25	111,578	111,551	111,956	111,713	112,050	0.997	0.996	0.999	0.997	0.996
26	115,250	115,520	115,695	115,601	115,709	0.997	0.998	0.996	0.996	0.998
27	118,895	119,205	119,273	119,367	119,489	0.998	0.998	0.998	0.998	0.997
28	106,907	107,649	107,649	107,352	107,865	0.879	0.875	0.865	0.874	0.858
29	109,809	110,660	109,904	110,160	110,768	0.941	0.934	0.944	0.942	0.932
30	114,575	114,804	114,629	114,588	115,047	0.959	0.954	0.96	0.959	0.959
31	110,025	110,147	110,160	110,093	110,457	0.945	0.946	0.943	0.949	0.94
32	114,494	114,885	114,575	114,669	114,926	0.957	0.959	0.96	0.958	0.96
33	119,084	119,867	119,462	119,786	119,772	0.962	0.963	0.963	0.966	0.964
34	114,345	115,007	115,074	115,209	114,980	0.96	0.955	0.959	0.954	0.963
35	119,192	119,772	119,543	119,367	119,921	0.964	0.969	0.965	0.968	0.968
36	124,092	124,835	124,524	124,619	124,727	0.967	0.967	0.963	0.963	0.967

LAMPIRAN F : Simulasi Kenaikan Kapasitas Silo

Skenario Kapal	Aturan Penugasan 2									
	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	100,103	100,184	99,428	101,264	99,860	0.935	0.948	0.975	0.906	0.955
2	108,689	109,080	109,121	109,148	109,175	0.999	0.997	1	1	0.999
3	111,200	111,713	111,632	111,686	111,861	1	0.998	0.999	1	1
4	108,864	109,188	109,148	109,134	108,918	1	1	1	1	1
5	111,213	111,564	111,699	111,713	111,537	0.999	0.999	0.998	0.999	0.997
6	113,724	114,264	114,170	114,305	114,210	1	0.998	0.999	0.999	1
7	111,497	111,902	111,672	111,686	111,929	0.994	0.994	0.999	0.997	0.995
8	113,724	114,102	114,332	114,183	114,359	0.999	0.999	0.996	1	0.999
9	116,235	116,802	116,708	116,843	116,735	1	0.998	0.999	0.999	1
10	106,934	107,136	107,177	107,150	106,853	0.998	0.997	0.998	0.999	0.998
11	109,836	110,268	110,484	110,174	110,268	0.998	0.998	0.994	0.997	0.997
12	112,793	113,103	113,387	113,535	113,211	0.999	0.997	0.997	0.994	0.997
13	109,782	110,390	110,255	110,201	110,106	0.998	0.997	0.997	0.997	0.999
14	112,833	113,022	113,414	113,211	113,211	0.998	0.996	0.999	0.998	0.999
15	115,790	116,141	116,384	116,519	116,073	0.999	0.997	0.997	0.995	0.997
16	112,779	113,265	113,454	113,346	113,225	0.999	0.999	1	0.999	0.998
17	115,898	116,276	116,478	116,235	116,721	0.998	0.995	0.993	0.996	0.99
18	118,814	119,192	119,421	119,556	119,030	0.999	0.997	0.997	0.994	0.998
19	103,869	104,274	104,382	104,328	104,288	0.991	0.99	0.993	0.99	0.996
20	107,501	107,865	107,771	107,933	107,865	0.997	0.998	0.998	0.999	0.996
21	111,294	111,672	111,537	111,821	111,767	0.999	1	0.999	1	0.999
22	107,501	108,027	107,892	107,973	108,054	0.999	0.999	0.999	1	0.998
23	111,213	111,578	111,807	111,645	111,429	0.999	0.998	0.999	1	1
24	115,020	115,533	115,628	115,358	115,533	1	0.998	1	0.999	1
25	111,308	111,632	111,618	111,605	111,794	1	1	0.999	1	0.999
26	115,061	115,385	115,506	115,871	115,682	0.998	0.997	0.999	0.996	0.996
27	118,854	119,610	119,354	119,286	119,273	0.996	0.996	0.997	0.998	0.999
28	104,058	104,531	104,949	104,571	104,855	0.986	0.986	0.978	0.986	0.98
29	109,067	109,553	109,080	109,337	109,472	0.991	0.988	0.989	0.994	0.988
30	113,832	114,386	114,467	114,588	114,615	0.996	0.994	0.991	0.996	0.996
31	109,134	109,607	109,877	109,728	109,634	0.991	0.994	0.992	0.992	0.992
32	113,940	114,062	114,305	114,075	114,453	0.993	0.998	0.998	0.996	0.996
33	118,935	119,354	119,421	119,705	119,219	0.996	0.995	0.997	0.997	0.999
34	113,886	114,629	114,440	114,764	114,683	0.999	1	0.998	0.998	0.997
35	118,895	119,327	119,421	119,367	119,570	0.995	0.994	0.994	0.997	0.996
36	123,903	124,605	124,349	124,538	124,457	0.994	0.997	0.999	0.995	0.996

LAMPIRAN G : Simulasi Kapal 20000 DWT

Skenario Kapal	Jumlah Kapal Tuban	Jumlah Kapal Tonasa	CPT(1)	CPT(2)	CPT(3)	CPT(4)	CPT(5)	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
1	2	1	99,266	99,968	100,359	100,224	100,278	0.983	0.993	0.992	0.986	0.992
2	2	2	107,406	109,026	109,337	108,216	109,080	0.983	0.994	0.995	0.995	0.994
3	2	3	117,032	116,937	117,248	117,896	117,423	0.994	0.999	1	0.998	0.999
4	3	1	108,068	108,635	108,135	109,067	108,176	0.994	1	0.999	0.998	0.999
5	3	2	116,451	117,059	117,018	117,423	117,477	0.991	0.997	0.988	0.995	0.994
6	3	3	125,280	126,414	126,171	126,536	125,834	0.995	0.998	0.999	0.996	0.998
7	4	1	116,883	117,504	117,734	117,639	117,693	0.995	1	0.998	0.999	1
8	4	2	125,105	126,063	126,252	126,468	126,306	0.995	1	0.998	0.998	1
9	4	3	133,758	135,459	134,514	135,257	135,203	1	0.998	1	1	1

Kapasitas	SL(1)	SL(2)	SL(3)	SL(4)	SL(5)
33000	0.98	0.994	0.995	0.995	0.994
30000	0.98	0.993	0.996	0.996	0.995
28000	0.99	0.985	0.989	0.996	0.991
26000	0.98	0.989	0.982	0.987	0.989
24000	0.96	0.95	0.951	0.96	0.95
22000	0.9	0.865	0.876	0.871	0.858

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab 6 ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diberikan untuk *stakeholder* dan juga penelitian lebih lanjut.

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Model konseptual dan simulasi yang telah dikembangkan mampu untuk memecahkan masalah pada sistem distribusi SMI melalui jalur laut.
2. Skenario terbaik yang mampu mencapai *service level* 98% adalah menggunakan kapal 6000 DWT dengan jumlah kapal 6 dan menggunakan aturan pemilihan depot mempertimbangkan jarak terdekat.
3. Pemilihan depot tempat kapal akan kembali melalui pertimbangan jarak terdekat akan memberikan hasil yang lebih baik. Minimasi jarak akan mengurangi biaya operasional kapal dan membuat kapal lebih cepat tersedia di depot sehingga biaya per ton menjadi lebih rendah dan *service level* menjadi lebih tinggi.
4. Kapasitas kapal yang digunakan harus disesuaikan dengan kapasitas silo di depot maupun *packing plant*. Kapasitas silo yang terlalu kecil akan membuat waktu tunggu kapal menjadi lebih lama sehingga kapal tidak optimal dalam bekerja.
5. Penambahan kapasitas silo di *packing plant* akan lebih mudah dilakukan daripada penambahan silo di depot. Penambahan silo depot memberikan konsekuensi penambahan pabrik semen baru di depot, karena jika tidak *rate* semen yang masuk silo depot akan tetap dan penambahan kapasitas silo tidak memberikan efek signifikan.
6. Penerapan *clustering packing plant* dapat menurunkan biaya pengiriman. Namun untuk penerapan pada sistem secara

keseluruhan dibutuhkan pertimbangan lain yaitu kemampuan suplai dari masing-masing depot.

6.2 Saran

Saran untuk stakeholder dan penelitian selanjutnya adalah:

1. Mempertimbangkan semua depot dan *packing plant* yang ada di sistem distribusi SMI sehingga mampu melihat *intercompany-sales* secara utuh.
2. Memperhatikan barang lain yang bisa dikirim selain semen curah, misalnya pengiriman klinker antar depot.

DAFTAR PUSTAKA

- Altioek, T. & Melamed, B., 2007. *Simulation Modeling and Analysis With Arena*. s.l.:s.n.
- Cooke, J. et al., 2014. *Voyage Charters*. 4th ed. New York: Informa Law From Routledge.
- Cooper, M. C., Lambert, D. M. & Pagh, J. D., 1997. Supply chain management: more than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), pp. 1-14.
- Daellenbach, H. G., 1994. *System and Decision Making A Management Science Approach*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Fuady, M., 1999. *Hukum Perusahaan Dalam Paradigma Hukum Bisnis*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Gudehus, T. & Kotzab, H., 2009. *Comprehensive logistics*. s.l. :Springer.
- John Wiley & Sons, Inc, 2000. Wiley. [Online] Available at: <http://www.wiley.com/college/blin/0471327751/samplechapter/ch04.pdf> [Accessed 4 April 2016].
- Law, A. M. & Kelton, W. D., 2000. *Simulation Modeling and Anlysis*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Montgomery, D. C., Runger, G. C. & Hubele, N. F., 2011. *Engineering statistics*. s.l.:Wiley.
- PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2013. *Profil Perusahaan*. [Online] Available at: <http://www.semenindonesia.com/page/read/strategic-holding-2644> [Accessed 1 April 2016].
- PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, 2014. *Laporan Tahunan Semen Indonesia*, Gresik: PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

- Pujawan, N., Arief, M. M., Tjahjono, B. & Kritchanhai, D., 2015. An integrated shipment planning. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(9/10), pp. 913-937.
- Purba, H., 2003. *TINJAUAN TERHADAP HOLDING COMPANY, TRUST, CARTEL, DAN CONCERN*, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Stopford, M., 1997. *Maritime economics*. s.l.:Psychology Press.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Saka Tri Hatmojo, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Lahir di Jombang, 18 Maret 1994, penulis menempuh pendidikan formal di SDN Karangmojo 1, SMPN 2 Jombang, dan SMAN 2 Jombang. Penulis memulai pendidikan pada Jurusan Teknik Industri ITS pada tahun 2012. Selama masa perkuliahan penulis pernah menjadi Senat Mahasiswa Teknik Industri, dan Asisten Laboratorium Komputasi dan Optimasi Industri. Selama masa perkuliahan penulis melakukan kerja praktek di PT Garuda Indonesia Tbk. Tugas Akhir ini masih belum sempurna sehingga dapat menghubungi penulis pada saka.trihatmojo@yahoo.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)